





BIBLIOTHÈQUE INTERNATIONALE
DE PSYCHOLOGIE EXPÉRIMENTALE
NORMALE ET PATHOLOGIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

Du Dr TOULOUSE
Médecin en chef de l'Asile de Villejuif,
Directeur du Laboratoire de Psychologie expérimentale
à l'École des Hautes Études.

Secrétaire : N. VASCHIDE

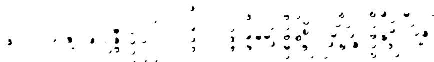
L'AUDITION

L'AUDITION

PAR

LE Dr PIERRE BONNIER

Avec figures dans le texte.



PARIS

OCTAVE DOIN, ÉDITEUR

8, PLACE DE L'ODÉON, 8

—

1901

K

REMARQUE

Si l'on considère toute la série des formations organiques qui précèdent, dans l'enchaînement des espèces zoologiques, l'oreille telle que nous la connaissons chez l'Homme, c'est-à-dire si nous examinons successivement les organes marginaux des Méduses, les organes centraux des Turbellariés et des Cténophores, les appareils otocystiques ouverts ou fermés des Mollusques, les organes latéraux des Amphibiens et des Poissons, les appareils labyrinthiques de plus en plus complexes des Vertébrés, pour ne citer que les principaux stades de l'adaptation physiologique qui nous occupe, la fonction fondamentale de l'oreille nous apparaît nettement dédoublée dès l'origine, bien que longtemps desservie par une appropriation organique simple. Percevoir les variations de pression du milieu en contact avec la papille neurodermique et en tirer, selon les cas, une notion de déplacement, de variation d'attitude de l'individu dans son milieu, ou une notion de variation plus ou moins rapide de la pression de ce milieu lui-même, c'est-à-dire d'ébranlement, tel est le double aspect physiologique d'une adaptation extrêmement ancienne dans la série ani-

male. J'ai étudié ailleurs [1] l'évolution de cette merveilleuse physiologie ; je laisserai de côté *le sens des attitudes,* si copieusement fourni par notre appareil des canaux semi-circulaires et si indispensable à toutes les appropriations motrices, et je n'étudierai que l'adaptation à la *perception de l'ébranlement*. Je renverrai à l'ouvrage cité pour l'étude plus détaillée des intéressants procédés par lesquels la papille parvient à apprécier d'abord les changements lents de pression du milieu extérieur (*fonctions baresthésiques*), puis les changements rapides et les ébranlements, par l'intermédiaire de corpuscules inertes et suspendus (*fonctions seisesthésiques*), et enfin les ébranlements les plus délicats et les plus rapides (*fonctions auditives*) avec la perception sonore proprement dite qui ne semble pas exister encore chez les Poissons et apparaît à peine chez certains Amphibiens pour se développer rapidement chez les Reptiles et les Oiseaux et atteindre tout son développement chez les Mammifères. Dans toutes ces aptitudes si développées, les formations auriculaires et préauriculaires se montrent les organes d'une tactilité très différenciée, de plus en plus exclusivement consacrée à la perception des *variations de pression* du milieu fluide dans lequel vivent les animaux ; et toute la physiologie auriculaire gravite autour de cette adaptation simple : la perception des variations lentes ou rapides de pression du milieu extérieur. C'est d'ailleurs aussi par les variations de pression de milieu fluide de l'oreille interne, si longtemps en communication avec le milieu fluide extérieur, dans

1. L'oreille, vol. II, collection Léauté.

l'antiquité des espèces, que se font les appréciations de déplacement et de variation d'attitude.

L'étude de l'audition est donc l'étude de l'appropriation de notre tactilité primordiale, fondamentale, à la perception des ébranlements, c'est-à-dire des variations rapides et plus ou moins périodiques, du milieu fluide qui nous entoure.

Je n'étudie dans cet ouvrage que l'audition dans son fonctionnement et sa fonction, sans toucher aux aux lésions organiques, dont la description et l'examen feraient la matière d'un autre volume, et pour lesquelles je renverrai aux traités spéciaux. Les figures de cet ouvrage sont tirées de mon travail sur l'*Oreille* (Masson, éditeur), vol. I et II.

RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

1884-1900

Dr Pierre BONNIER

1884. **L'Orientation auditive.** *Bulletin scientif. du Nord et de la Belgique*, 1884.

1890. **Le Sens auriculaire de l'Espace.** Thèse de Paris, 14 mai 1890.

— **L'Audition chez les Invertébrés.** *Rev. Scientifique*. 27 déc. 1890.

1891. **Les Organes périphériques du Sens de l'Espace chez les Invertébrés.** Mémoire dép. à l'Acad. des Sciences. Juin 1891.

— **Physiologie du Nerf de l'Espace.** Note à l'Académie des Sciences. 26 oct. 1891.

1892. **Le Brightisme auriculaire.** *Soc. d'Otologie de Paris*. 3 juin 1892.

— **Sur les fonctions tubo-tympaniques.** *Soc. de Biologie*. 26 nov. 1892.

— **Syndrome de Menière, agoraphobie et signe de Romberg dans la maladie de Bright.** *Progrès médical*. 31 déc. 1892.

1893.. **Sur les fonctions otolithiques.** *Soc. de Biologie*. 18 fév. 1893.

— **Sur les fonctions otocystiques.** *Soc. de Biologie*. 15 avril 1893.

— **Le Vertige brightique.** *Annales de Médecine*. 11 octobre 1893.

— **VERTIGE.** Collect. Charcot-Debove, Rueff. édit. Nov. 1893. (Prix Godard).

1894. **Réflexes auriculaires.** *Soc. d'Otologie de Paris*. 3 fév. 1894.

— **Orientation auditive.** *Soc. d'Otologie de Paris*. 6 avril 1894.

— **La Pariétale ascendante.** *Soc. de Biologie*. 29 juin 1894.

1894. **Homologation morphogénique de l'oreille interne.** *Soc. d'Otologie de Paris.* 6 juillet 1894.

— **Le Nerf labyrinthique.** *Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière.* Nov. 1894.

— **Sur la tension normale des liquides labyrinthiques et céphalo-rachidiens.** *Soc. de Biologie.* 29 déc. 1894.

1895. **Sur l'inertie des milieux auriculaires.** *Soc. de Biologie.* 2 fév. 1895.

— **Le limaçon membraneux considéré comme appareil enregistreur.** *Soc. de Biologie.* 23 fév. 1895.

1895. **Fonctions de la membrane de Corti.** *Soc. de Biologie.* 23 fév. 1895.

— **De la nature des phénomènes auditifs.** *Bull. scient. du Nord.* 11 mai 1895.

— **Rapports entre l'appareil ampullaire de l'oreille interne et les centres oculomoteurs.** *Soc. de Biologie.* 11 mai 1895.

— **Le même,** développé dans *Revue Neurologique.* Déc. 1895.

— **Les Phobies auriculaires.** *Revue d'Hypnologie.* Nov. 1895.

— **Sur le signe de Romberg.** *Soc. de Biologie.* 2 nov. 1895.

— **Sur les fonctions statique et hydrostatique de la vessie natatoire et leurs rapports avec les fonctions labyrinthiques.** *Soc. de Biologie.* 23 nov. 1895.

1896. **Variations du réflexe patellaire au cours de certaines affections labyrinthiques.** *Soc. de Biologie.* 1er fév. 1896.

— **Sur un cas de crampe professionnelle symptomatique de la maladie de Bright.** *Soc. de Biologie.* 15 fév. 1896.

— **Les dernières théories de l'audition.** *Soc. d'Otologie de Paris.* Avril 1896.

— **Sur trois cas de surdité d'origine génitale.** *Soc. française d'Otologie.* Mai 1896.

— **Le tabès labyrinthique.** *Presse médicale.* 10 juin 1896.

— **Critique des théories classiques de l'audition.** *Soc. de Biologie.* 4 juillet 1896.

— **Sur la phonation.** *Presse médicale.* 3 oct. 1896.

— **Le Sens latéral.** *Soc. de Biologie.* 14 nov. 1896.

— **L'Audition stéréacousique.** *Soc. d'Otologie de Paris.* Nov. 1896.

1896. **Sur un cas de tympanospasme.** *Soc. d'Otologie de Paris.* Nov. 1896.

— **L'OREILLE,** 5 vol. (Prix Meynot.) **Anatomie, Physiogénie et Mécanisme, les Fonctions, Symptomatologie, Pathologie.** Coll. des Aide-Mémoire Léauté. Masson. 1896.

1897. **L'épreuve de Gellé.** *Soc. de Biologie.* 16 janv. 1897.

— **Sur un cas de mydriase réflexe d'origine labyrinthique.** *Soc. de Biologie.* 16 janv. 1897.

— **Pourquoi la tonalité d'un son perçu par l'oreille varie-t-elle avec son intensité?** *Soc. de Biologie.* 10 juillet 1897.

— **Troubles oculomoteurs dans la paralysie faciale périphérique.** *Gaz. hebdom.* 14 nov. 1897.

— **Sens de l'Orientation.** *Soc. de Biologie.* 11 déc. 1897.

1898. **Le Sens de l'Orientation chez les animaux.** *Intermédiaire des Biologistes.* 20 janv. 1898.

— **Schéma des voies labyrinthiques.** *Soc. de Biologie.* 5 fév. 1898. (Steinheil éditeur.)

— **A propos du soi-disant « Sens musculaire »** *Revue Neurologique.* 28 fév. 1898.

— **Fonctions des canaux semi-circulaires.** *Interm. des Biologistes.* 5 mars 1898.

— **Le Signe de Charles Bell dans la paralysie faciale périphérique.** *Rev. Neurologique.* 30 avril 1898.

— **Le Sixième Sens.** *Rev. Scientifique.* 7 mai 1898.

— **Remarques sur la phonation.** *Soc. française d'Otologie.* Mai 1898.

— **L'Orientation subjective directe.** *Soc. de Biologie.* 18 juin 1898.

— **Orientation objective et orientation subjective.** *Soc. de Biologie.* 23 juillet 1898.

— **Sur diverses formes de paracousie.** *Soc. de Biologie.* 30 juillet 1898.

— **A propos de l'orientation auditive.** *Soc. de Biologie.* 8 oct. 1898.

— **Sur un caractère paradoxal de la paracousie.** *Soc. de Biologie.* 15 oct. 1898.

— **Du rôle de l'ébranlement moléculaire et de l'ébranlement molaire dans l'audition.** *Soc. de Biologie.* 21 oct. 1898.

RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

1898. **La paracousie. Sur une forme particulière du signe de Weber.** *Soc. d'Otologie de Paris.* 11 nov. 1898.

1899. **Hémiparacousie dans un cas de fracture des deux rochers.** *Soc. de Biologie.* 4 mars 1899.

— **Un procédé simple d'acoumétrie.** *Soc. de Biologie.* 18 mars 1899.

— **Le tabes labyrinthique.** *Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière.* Mars-Avril 1899.

— **Les Épreuves de l'Ouïe.** Rapport à la *Soc. franç. d'Otologie.* 1er mai 1899.

— **Pointure acoumétrique.** Congrès international d'Otologie de Londres. Août 1899.

— **La Notion d'espace.** Miscellanées biologiques au prof. A. Giard.

— **Pointure acoumétrique.** Recueil du cinquantenaire de la *Soc. de Biologie.*

1900. **L'Espace idéal et la théorie de M. de Cyon.** *Soc. de Biologie.* 8 fév. 1900.

— **Diagnostic précoce de la surdité progressive.** *Acad. de Médecine.* fév. 1900.

— **La formation des voyelles et la théorie aéro-dynamique.** *Soc. de Biologie.* 3 mars 1900.

— **La définition du timbre et la théorie de Helmholtz.** *Soc. de Biologie.* 24 mars 1900.

— **L'ORIENTATION.** Coll. Scientia, Carré et Naud, édit.

— **Diagnostic précoce de la surdité progressive par l'épreuve paracousique.** *Presse médicale.* 9 juin 1900.

— **Unification acoumétrique et diapason international.** Congrès int. d'Otologie.

— **Rapports de l'intuition spatiale avec les représentations intellectuelles.** Rapport au Congrès intern. de Philosophie.

— **Sur la non-existence d'un courant rentrant dans l'émission vocalique.** Soc. de Biologie. 29 déc. 1900.

1901. **Traitement de l'ankylose tympanique.** *Presse médicale.* 23 fév. 1901.

— **Les états physio-pathologiques et leur représentation cérébrale.** *Soc. de Psychologie.* mai 1901.

L'AUDITION

CHAPITRE PREMIER

L'ÉBRANLEMENT

I

La physiologie comparée et la physiogénie de l'oreille nous montrent que toutes les adaptations organiques que l'on peut considérer comme ayant la signification d'oreilles, de bas en haut de la série animale, sont faites pour réagir aux ébranlements, c'est-à-dire aux variations rapides et plus ou moins périodiques de pression, du milieu fluide extérieur. Nous parlerons donc de l'ébranlement considéré comme variation de pression, et nous ne toucherons aux définitions habituelles du son, du bruit, que pour montrer les confusions au milieu desquelles on aborde en général l'étude de l'audition.

Le *son,* tous les auteurs le reconnaissent, n'est pas un phénomène extérieur à nous, c'est une sensation provoquée en nous par la pénétration de l'ébranlement venu du dehors et amené jusqu'à nos papilles du fond de l'oreille, sensibles à un certain mode d'irritation. Il est donc tout à fait inutile et troublant de parler, comme le font les auteurs après ces réserves

préalables, de la circulation, de la propagation du son dans l'air et de sa transmission par les milieux auriculaires.

Il ne servira pas davantage à la lucidité d'un exposé dogmatique de distinguer le son du *bruit*, en tant que phénomènes extérieurs, de phénomènes physiques, puisqu'ils ne sont extérieurs ni l'un ni l'autre et qu'ils sont d'ordre physiologique et psychique. Ce sont deux sensations diverses correspondant à des formes différentes d'un seul phénomène physique, l'*ébranlement*.

On distingue en général le son du bruit par la simplicité et la régularité de l'ébranlement dans le premier, par la complexité et l'irrégularité de l'ébranlement dans le second. Cette distinction a sa raison d'être, mais elle est mal présentée de cette façon. Le phénomène extérieur, l'ébranlement, pénétrant à travers les milieux suspendus et inertes de l'oreille jusqu'à la périphérie de notre appareil nerveux, y laisse des empreintes sensorielles extrêmement variées, les unes simples, les autres plus ou moins complexes. Nous nous bornerons à admettre pour le moment que pour laisser des empreintes diverses sur un même organe, ce phénomène d'ébranlement doit se manifester sous des formes diverses, elles aussi simples ou complexes. Plus l'empreinte est simple, plus nous sommes habitués à donner le nom de *son* à la sensation qu'elle éveille en nous ; plus l'empreinte affecte de complexité, plus la sensation répond à ce que nous appelons *bruit*. C'est donc la simplicité ou la complexité de la *forme* du phénomène qui éveille en nous la sensation de son ou celle de bruit.

Quand on dit dans les traités classiques que le son, pour employer la manière habituelle de parler, a trois qualités, son *intensité*, sa *hauteur*, et son *timbre*, on devrait également dire que le bruit possède lui aussi ces trois qualités, car il y a des bruits forts ou faibles, graves ou aigus, et à hauteur et à intensité égales, les bruits se distinguent par une physionomie sonore propre à chacun, et qu'on ne peut pas ne pas appeler timbre aussi bien que pour les sons.

C'est la profondeur de l'empreinte sensorielle produite par l'ébranlement qui correspond en notre esprit à la sensation, à la notion d'*intensité*.

Nous savons aussi qu'à la rapidité de répétition de l'empreinte correspond la notion d'acuité, de *hauteur*.

La forme même de l'empreinte nous fournit la notion de *timbre*, car à force et à rapidité égales, deux ébranlements différeront, s'ils diffèrent, par leur timbre, c'est-à-dire par la forme de leur empreinte sensorielle. Un timbre à caractère simple s'appelle son, un timbre à caractère complexe s'appelle bruit, et il y a tous les intermédiaires, car un son peut se compliquer tout en gardant une physionomie relativement simple dans ses grandes lignes, et un bruit peut dans sa complexité laisser apparaître une sonorité dominante.

Nous ne parlerons donc plus des trois qualités du son, comme les traités classiques, non plus que de celles du bruit; nous nous bornerons à dire que l'empreinte que laisse en nous l'ébranlement nous suggère trois notions, qui sont :

1° La notion d'*intensité*, liée à la *force* de l'ébranlement, et qui se mesure du fort au faible ;

2° La notion de *hauteur*, liée à la *périodicité* de l'ébranlement, et qui se mesure du grave à l'aigu ;

3° La notion de *timbre*, liée à la *forme* de l'ébranlement et qui se mesure du son au bruit, du simple au complexe.

Cette question du timbre a été l'origine d'une confusion singulière entre la notion de *forme* et celle de *composition*. Les ébranlements, ou, si l'on veut, les vibrations périodiques, sont presque toujours complexes, car la simplicité absolue est aussi rare dans le monde des ébranlements que partout ailleurs. Mais simples ou complexes, les vibrations ont toujours une forme, et leur simplicité ou leur complexité est précisément une qualité de leur forme. C'est parce que chaque pierre d'un mur a une forme que le mur a une forme lui aussi, mais ce n'est pas seulement parce que le mur est composé de pierres. Sa forme ne dépend pas de la superposition des pierres, c'est-à-dire de sa composition ; elle dépend de la combinaison *des formes* de toutes ces pierres.

Il est donc surprenant que tant de physiciens aient défini le timbre non par la forme, mais par la composition. Quand Helmholtz a fait, au moyen de ses résonateurs, l'analyse du timbre, il a trouvé, comme l'avaient indiqué Monge, Biot et Fourier[1], un son fondamental auquel se superposaient des sons harmoniques, c'est-à-dire des vibrations affectant avec la vibration fondamentale des rapports simples de *périodicité*, c'est-à-dire de hauteur. La notion de périodicité des vibrations extraites du complexe sonore

1. V Gellé, L'audition. Alcan, édit.

par l'analyse décomposante des résonateurs a masqué la notion de *forme* de ces mêmes vibrations et l'a fait oublier. On n'a plus vu que ce fait intéressant de la décomposition d'une vibration complexe en vibrations élémentaires plus simples, décomposition du timbre d'un son en harmoniques superposés à un son fondamental.

Que la forme d'une chose composée soit liée à la composition de formes simples, cela se conçoit ; mais que la forme d'une chose simple et par conséquent non composée soit elle aussi liée à une composition quelconque, cela ne s'entend plus. Et ce n'est pas sans étonnement que lors d'une discussion que nous eûmes à la Société de Biologie, le 17 mars 1900, à ce sujet, j'entendis mon ami le Dr Weiss, formuler la proposition suivante : « *On sait depuis Fourier que la forme d'une vibration périodique quelconque dépend de la superposition à une vibration simple fondamentale d'un certain nombre d'autres vibrations qui sont des harmoniques de la première. Par conséquent, le timbre d'un son résulte des harmoniques qui se superposent au son fondamental.* »

Je le répète, on conçoit immédiatement qu'une vibration de forme complexe puisse être décomposée par l'analyse en vibrations pendulaires simples ou que des résonateurs appropriés puissent en tirer de quoi entrer eux-mêmes en vibration ; mais on ne saisit pas qu'une vibration simple, pendulaire, puisse être décomposée en vibrations encore plus pendulaires, encore plus simples. Quand il est question d'une vibration périodique *quelconque*, il faut une

définition qui concerne aussi bien la vibration périodique simple que n'importe quelle vibration périodique composée; aussi bien la vibration pendulaire, indécomposable et irréductible, que la vibration irrégulière et complexe dans sa forme. Or la définition rapportée plus haut ne peut concerner la vibration pendulaire, qui existe dans la nature, puisque c'est précisément à elle que se réduisent toutes les décompositions analytiques que l'on fait subir aux vibrations complexes. La vibration pendulaire n'est pas décomposable, — elle n'est pas composée, — et l'on ne peut faire dépendre sa forme de sa composition.

Est-ce à dire qu'elle n'a pas de forme, puisqu'elle n'est pas composée? Non, évidemment. Il faudrait donc admettre qu'elle a une forme, mais pas de timbre, puisque le timbre réside dans la composition de plusieurs vibrations pendulaires?

Il est en effet dit dans tous les traités classiques que le son a trois qualités: l'intensité, la hauteur et le timbre. Si le timbre n'existe que par le concours de plusieurs sons simples, le son aura trois qualités, celle d'être faible ou fort, d'être aigu ou grave et celle d'être... *plusieurs*. Il n'est pourtant pas admissible que l'on fasse de la pluralité une des qualités de l'unité qu'on définit. Une chose ne peut avoir pour qualité d'être plusieurs.

Quand on parle de l'intensité, de la hauteur du son, on envisage ordinairement le cas du son simple, celui qui laisse dans l'appareil enregistreur l'empreinte d'une vibration pendulaire; mais, quand on parle du timbre *d'un* son, voilà qu'aussitôt on en fait intervenir plusieurs, un fondamental et d'autres

qui lui sont harmoniques ; et le son considéré est, non plus le son simple, la vibration pendulaire, mais un complexe sonore quelconque, un ensemble de sons. Il faut choisir : ou bien le timbre est une qualité du son, et alors le son simple a droit à avoir un timbre comme les autres ; ou bien le timbre n'existe que par le groupement de plusieurs sons, et ce n'est plus une qualité du son, c'est une qualité d'un groupement de sons.

Si les sons doivent se mettre à plusieurs pour faire un timbre, le timbre n'est plus une qualité de chacun d'eux. Sans doute les choses n'existent guère à l'état de pureté, de simplicité et d'isolement dans la nature, mais quand on définit une chose, c'est de cette chose seule qu'il s'agit et non de la combinaison de plusieurs choses de même ordre.

Il faut donc définir. Ou bien le timbre n'appartient qu'à des groupements sonores et non à des sons simples et considérés isolément et il peut alors dépendre de la composition ; — ou bien il dépend de la forme, simple quand il s'agit d'une vibration simple, complexe quand il s'agit d'une vibration complexe. Car si une vibration peut n'être pas complexe, composée et décomposable, elle ne peut pas ne pas avoir de forme. Si le timbre dépend de la composition, la vibration simple n'a pas de timbre ; s'il dépend, comme le reconnaissent tous les auteurs avec M. Weiss, de la forme, elle peut avoir un timbre ; mais ce timbre, dépendant de la forme, ne dépendra pas pour cela de la composition, puisque la vibration simple n'est pas composée.

Et d'ailleurs il faut s'entendre enfin sur ce terme

de composition. Quand plusieurs vibrations périodiques simples se composent pour former un complexe sonore et, suivant les auteurs, pour lui fournir un timbre, elles associent non seulement leurs intensités, leurs hauteurs respectives, *mais aussi leurs formes propres*; cela ne fait aucun doute, il me semble.

Si elles n'avaient pas de formes, ces vibrations simples, leurs combinaisons ne pourraient pas réaliser une forme. On doit donc dire que la forme d'une vibration périodique composée dépend de la composition *des formes* des vibrations simples qui la composent. Ce n'est pas parce qu'on groupe en un même système sonore les *hauteurs* respectives d'une fondamentale et de plusieurs harmoniques qu'on donne une forme, un timbre à ce système sonore, c'est avant tout parce que ces vibrations simples élémentaires ont déjà chacune une forme définie que leur agencement peut réaliser une forme synthétique. Dans le timbre d'un complexe sonore, l'analyse des résonateurs nous fournit la composition des *hauteurs* des sons élémentaires composants; mais l'analyse de l'empreinte que laisse dans un appareil enregistreur ce complexe sonore nous montre que sa forme synthétique peut se résoudre en des formes plus simples, que l'on pourra réduire à une combinaison, selon une distribution variable, de formes pendulaires.

Les résonateurs ont pu pousser très loin l'analyse de la périodicité; ils sont impuissants sur la question de forme, et les intéressants résultats obtenus par Helmholtz, retrouvés, — ou à peu près — par tous les physiciens, ont en quelque sorte ébloui les chercheurs et pour longtemps encore la notion de timbre

restera liée à la superposition d'un certain nombre de vibrations *dont on ne considère que les périodicités,* qui affectent entre elles des rapports simples, et les intensités respectives. Il n'est nulle part question des formes composantes dans la réalisation de la forme composée et nous avons vu que M. Weiss rejetait la définition du timbre par la forme et n'acceptait que la définition du timbre par la composition[1], ce qui retire la qualité de timbre aux vibrations pendulaires.

Or, si la notion de timbre réside dans la physionomie qui distingue pour notre oreille un son d'un autre, indépendamment de la hauteur et de l'intensité, il est de toute évidence que nous distinguerons un son simple d'un son complexe, et que par conséquent, par définition, le son simple a un timbre comme le son complexe, puisque le timbre est simplement la qualité spéciale qui distingue un son d'un autre, indépendamment de la hauteur et de l'intensité. Dire qu'on distingue un son simple d'un son complexe parce que le premier n'a pas de timbre, tandis que le second en possède un est absurde, puisque le son simple se distingue du complexe comme le complexe se distingue du simple, et que cela suffit pour attribuer la qualité de timbre à l'un comme à l'autre, d'après la définition même du timbre.

Le timbre est donc lié à la forme de l'empreinte, et dépend par conséquent de la forme de l'ébranlement, et nous dirons :

La forme d'une vibration périodique *composée* dépend de l'agencement des formes respectives de plu-

1. *Société de Biol.*, 17 mars 1900, p. 244.

sieurs vibrations périodiques simples, dont l'une est fondamentale et les autres harmoniques, c'est-à-dire dans des rapports simples de forme et de périodicité ; sinon d'intensité, quand il s'agit du son.

Le timbre d'un son composé résulte de la combinaison des timbres respectifs des sons, — fondamental et harmonique, — qui le composent.

Le timbre d'un son simple est l'impression sensorielle que laisse dans notre oreille la forme de l'ébranlement périodique, comme la hauteur est celle que laisse sa périodicité, l'intensité celle que laisse son amplitude.

Le timbre d'un bruit est celui d'une vibration composée d'un nombre variable de vibrations pendulaires qui n'ont entre elles que des rapports de coïncidences et non des rapports harmoniques simples. Il n'y a pas, ou guère, dans le complexe sonore qu'on appelle bruit, la combinaison particulière de vibrations pendulaires ayant entre elles des rapports simples de périodicité et de forme qui en font comme un système de gravitation centrée ; on pourrait cependant faire l'analyse et la synthèse des bruits comme celles des sons complexes, mais on n'y trouverait pas la simplicité de rapports qui caractérise le son plus ou moins riche en composition harmonique, mais gardant toujours dans sa forme et sa périodicité générales une certaine régularité.

D'ailleurs il a fallu à notre oreille les résonateurs pour qu'elle apprît que le timbre des vibrations complexes pouvait être décomposé ; elle-même était et est toujours incapable de cette analyse ; de même que l'œil ne connaît la complexité de la lumière que

lorsque le prisme l'étale en surface et en distribue les multiples réfractions. C'est une grande erreur que de supposer que les produits analytiques dus à la réaction propre à tel procédé d'analyse par décomposition existent dans ce phénomène *dans l'état où les montre l'analyse faite.* L'analyse de l'eau nous montre deux gaz, l'hydrogène et l'oxygène, mais nous ne trouvons ces gaz, à l'état de gaz, que dans les éprouvettes ; dans l'eau, il n'y avait qu'un composé liquide. C'est quand l'eau a été décomposée, c'est-à-dire quand elle a cessé d'être eau, que les gaz ont apparu. Dire que telle vibration complexe est formée de la « superposition » d'un certain nombre de vibrations élémentaires, parce que la décomposition, la déformation de cette vibration a donné naissance à des vibrations élémentaires, ou même simplement parce que, même sans se décomposer, elle a éveillé tels ou tels résonateurs, cela est aussi incorrect que de prétendre que l'eau est formée de la superposition de deux gaz. Quand éclate une bulle de savon, il se forme de toutes petites bulles ; peut-on dire que la bulle primitive était formée d'un certain nombre de petites bulles ?

L'analyse décompose, détruit la forme, change profondément la nature de l'objet analysé. Ce que l'on trouve dans l'analyse n'est pas ce qui existait dans la synthèse. On peut dans un carré trouver des carrés plus petits, des rectangles, des triangles, des trapèzes, cela dépendra du procédé d'analyse géométrique, mais cela permettrait aussi de donner du carré les définitions les plus inattendues. Je le répète, il faut se garder de supposer que les choses existent à

l'état synthétique telles que les montre l'analyse après une déformation toujours particulière et définie.

C'est l'oreille qui définit le timbre, et il est bien certain qu'elle ne le définit que par la forme, que l'ébranlement soit simple ou complexe, car l'oreille est *incapable de décomposer*, et en cela elle se comporte absolument comme tous nos autres sens, dérivés du tact comme elle.

II

Qu'est-ce donc que l'ébranlement, ou plutôt, en nous plaçant au point de vue spécialement physiologique de l'audition, quelle sorte d'ébranlement est perçu par l'oreille sous la forme auditive, sonore?

L'ébranlement est, considéré en lui-même, une *variation de l'équilibre moléculaire* d'un point de notre milieu extérieur. Il y a donc plusieurs modalités physiques selon lesquelles cet équilibre peut varier, une seule nous fixera, *la variation périodique de la pression en ce point.*

J'ai rappelé plus haut, et je l'ai démontré dans des recherches antérieures [1], que les formations ancestrales qui précèdent l'oreille auditive dans la série animale sont appropriées à la perception des variations de pression du milieu fluide, d'abord liquide, puis aérien pour les espèces plus élevées, dans lequel vivent les êtres organisés. Les variations lentes de pression sont perçues par tous les appareils, ce sont les

1. L'Oreille, coll. Léauté, vol. II et III.

perceptions baresthésiques, communes à tous les êtres. Les variations rapides de pression, régulières ou non, périodiques ou non, sont l'objet de *perceptions seisesthésiques,* également communes à tous les êtres, mais réduites encore à la perception de l'ébranlement sous forme de trépidation, d'ébranlement analysé dans la succession de ses chocs. Ce n'est que plus tard, avec les Amphibiens et les Vertébrés supérieurs que l'analyse des ébranlements se fait sur un autre mode, dans lequel leur périodicité éveille non la perception d'une succession plus ou moins rapide de chocs et de variations, mais la perception d'une sonorité plus ou moins aiguë, *continue* et homogène comme les sensations de couleur et de chaleur, qui sont elles aussi une manière sensorielle de percevoir les ébranlements d'une façon continue avec la sensation de tonalité recouvrant la sensation de périodicité. C'est cette modification dernière des perceptions seisesthésiques, cette façon d'apprécier les ébranlements périodiques sous la sensation de tonalité sonore, qui est l'audition proprement dite. On voit qu'elle ne date que des Amphibiens tout au plus, c'est-à-dire des Vertébrés munis d'un rudiment de limaçon, lequel limaçon se développe et s'écarte du saccule à mesure que l'audition tonale se distingue et se définit à côté des perceptions seisesthésiques.

C'est donc à une variation périodique de pression qu'est sensible l'oreille auditive. Il me semble inutile de rappeler ici les modes de propagation transmoléculaire de ces variations périodiques de pression. Le passage d'une ondulation dite sonore, à quelque point de l'espace qu'on la considère, se réduit toujours à une

variation périodique de pression, c'est-à-dire à une phase de condensation, de pression moléculaire alternant plus ou moins rapidement avec une phase de dispersion, de dilatation moléculaire du milieu considéré.

Cette variation peut être très prononcée, ou très peu accusée, elle est forte ou faible, et l'ébranlement est intense ou non.

Cette variation peut être rapide ou lente, la périodicité des alternances sera rapide ou lente, et les intervalles qui séparent, dans le mouvement de propagation, deux phases de même nom, seront courts ou longs.

Cette variation peut être régulière ou irrégulière, et si on lui présente un appareil sensible et capable de retenir son empreinte, cette empreinte sera celle d'une forme simple ou complexe.

On peut donc distinguer dans l'ébranlement :

1° Une phase positive de condensation et une phase négative de raréfaction, c'est-à-dire une phase positive de pression et une phase négative de dépression ;

2° L'amplitude de la variation, c'est-à-dire la force, l'intensité de l'ébranlement ;

3° La rapidité de la variation, c'est-à-dire la longueur de sa période ;

4° La forme de la variation, c'est-à-dire la simplicité ou la complexité de son empreinte et de sa distribution.

Quand on inscrit, par l'intermédiaire d'une membrane et d'un stylet, un ébranlement périodique sur la surface d'un appareil enregistreur, animée d'un mouvement uniforme, on obtient le tracé d'une

courbe, qui est l'empreinte graphique de cet ébranlement. Cette empreinte s'analyse comme toutes les empreintes graphiques.

Quand le stylet est au repos, c'est-à-dire quand il n'y a pas ébranlement, il trace sur la surface sensible une ligne droite, correspondant à l'équilibre moléculaire.

Quand il y a ébranlement, le stylet trace au-dessus et au-dessous de cette ligne d'équilibre une courbe plus ou moins régulière, qui coupe la ligne droite à des intervalles constants, si l'ébranlement est périodique ; la partie de la courbe située au-dessus de la ligne droite est l'empreinte de la phase positive, de pression ; la partie de la courbe placée au-dessous de la ligne d'équilibre correspond à la phase négative de dépression, dans la disposition ordinaire des appareils.

Plus l'ébranlement est intense, plus le tracé s'écarte de la ligne d'équilibre, au-dessus et au-dessous.

Plus l'ébranlement est rapide, plus l'intervalle entre les points où la courbe coupe la droite est court. Cet intervalle correspond à la période et on distingue dans la période totale l'ensemble d'une phase positive et d'une négative. La vibration complète va donc du début d'une phase positive au début de la phase positive suivante et nous voyons qu'entre les deux phases, la positive et la négative, la courbe coupe la droite en un point qui est le moment où l'ébranlement est nul, c'est-à-dire où la position d'équilibre est momentanément réalisée. L'ondulation inscrite doit donc signifier que l'équilibre moléculaire a été rompu d'abord par une augmentation de pression, puis, que cette

pression a diminué jusqu'à la reprise de la position d'équilibre, puis, que cet équilibre a été de nouveau rompu par une diminution de pression, jusqu'à retour à l'équilibre, et ainsi de suite.

Plus l'ébranlement est simple, plus l'empreinte se rapproche de la forme sinusoïdale, correspondant à l'oscillation pendulaire. Cette forme sinusoïdale ne peut se réduire à une forme plus simple. Il est donc impossible de la décomposer et d'admettre que sa forme dépend de sa composition par plusieurs vibrations plus pendulaires et plus simples. Elle correspond à la pureté extrême du son, c'est-à-dire à la forme la plus simple du timbre.

Mais l'ébranlement est presque toujours complexe et son empreinte donne une courbe plus ou moins irrégulière dans ses détails. On comprend que dès lors on puisse réduire l'appareil complexe à plusieurs formes plus simples et de là à un certain nombre de formes absolument simples. Nous verrons plus loin si l'oreille est, elle aussi, capable d'opérer cette réduction des ébranlements simples d'un ébranlement complexe.

III

Il faut distinguer deux formes d'ébranlement selon que l'on considère l'élasticité du milieu ébranlé molécule par molécule, ou qu'il s'agit de la masse totale suspendue et libre dans une certaine mesure d'osciller en totalité.

Quand je parle devant la membrane d'un phonographe, l'air au-devant de ma bouche subit un ébran-

lement moléculaire, sans aucun transport en totalité, car le souffle est faible dans la phonation et l'on sait qu'un bon chanteur peut produire des sonorités puissantes sans faire vaciller la flamme d'une bougie placée à une assez courte distance de la bouche.

Cet ébranlement moléculaire de l'air se communique à la membrane et celle-ci s'ébranle à son tour. Seulement un grand changement se produit. L'ébranlement moléculaire circule à travers l'appareil tout entier, avec une vitesse bien plus grande dans les milieux solides que dans l'air; mais en circulant, il sollicite non seulement l'inertie moléculaire de la membrane, mais aussi l'inertie totale des parties les plus libres de cette membrane et qu'on peut considérer comme suspendues les unes aux autres. Au niveau de son insertion sur son cadre circulaire, la membrane ne peut offrir que son élasticité moléculaire aux sollicitations de l'ébranlement, elle ne peut se déplacer et osciller en totalité. Mais si l'on considère un des rayons de cette membrane, élastique et distensible, on peut admettre que plus on s'éloigne du cadre, plus les points successifs que l'on rencontre en s'approchant du centre et qui sont en quelque sorte suspendus les uns aux autres récupèrent de leur liberté d'inertie totale et peuvent se déplacer dans l'espace dans un va-et-vient correspondant aux phases positives et négatives de l'ébranlement. Au milieu de la membrane, cette liberté d'inertie atteint son maximum, car c'est le point le plus éloigné du cadre, où cette même liberté d'inertie est nulle, et aussi parce que l'élasticité de la membrane, sa faculté d'oscillations s'y manifestent sans entrave. En ce point est

appliqué un stylet inscripteur, qui est, lui aussi, traversé par l'ébranlement moléculaire, mais qui surtout est déplacé selon les oscillations totales de la partie centrale de la membrane. Il va et vient, répétant tous les mouvements de la membrane avec une netteté d'autant plus grande que sa rigidité annihile en quelque sorte son élasticité moléculaire et qu'il est libre, dans son inertie, de se prêter à toutes les particularités des déplacements de la membrane. L'empreinte que laisse sa pointe dans la cire du cylindre nous donne l'étendue des excursions de sa masse totale, visibles à l'œil nu et produisant, par l'action de sa masse rigide, par la solidarité de toutes ses parties solides, un travail d'impression bien plus considérable que n'en pourrait produire sa vibration moléculaire, c'est-à-dire la simple conduction sonore propre à sa matière.

La membrane du phonographe fait donc de l'ébranlement molaire avec de l'ébranlement moléculaire, et la rigidité du stylet, surmontant la plasticité de la membrane élastique, permet un travail d'empreinte relativement considérable.

De même le téléphone reçoit l'ébranlement moléculaire de l'air placé au voisinage de la plaque, et celle-ci en fait un ébranlement molaire destiné non plus à fournir une empreinte au moyen du stylet, mais à déterminer, par ses variations d'attitude au-dessus d'un récepteur influencé, des variations électriques qui, transportées à l'autre extrémité du fil, feront inversement varier les attitudes de la plaque d'un autre appareil, et ces ébranlements molaires animeront l'air d'ébranlements moléculaires que perçoit notre oreille sous forme de sons.

De même, une corde tendue, une tige, un diapason prendront dans l'air ébranlé moléculairement de quoi s'animer d'une vibration molaire, à la condition cependant que la périodicité de l'ébranlement convienne à leur élasticité propre, laquelle dépend de leur matière, de leurs dimensions, de leur tension, etc. Les membranes et les plaques sont plus accueillantes, et, d'autant moins sonores par elles-mêmes, montrent une passivité plus grande pour toutes les périodicités. Mais tous ces appareils ont la même formule mécanique : *Faire d'un ébranlement moléculaire, d'une capacité de travail inutilisable, un ébranlement molaire d'une puissance très effective.*

On peut grossièrement se rendre compte de la différence de travail produit dans les deux cas en cherchant à inscrire sur une même plaque noircie la vibration du pied d'un diapason et celle de son extrémité libre ; ou en comparant l'épaisseur qu'affecte le ventre d'une corde vibrante par rapport à ses extrémités.

Devons-nous supposer *a priori* que l'oreille se contentera de la conduction acoustique ou qu'elle répondra à la même définition mécanique que tous ces appareils ? Tout ce merveilleux dispositif est-il simplement destiné à conduire le son jusqu'au nerf, comme le ferait n'importe quel tissu de l'organisme ; ou au contraire est-il adapté comme une véritable machine à la transformation d'une force inutilisable en une force utile et effective, mais d'une autre nature ? Nous verrons qu'on n'a guère cherché jusqu'ici que dans la voie la plus étroite et qu'on est resté dans une impasse.

CHAPITRE II

PHYSIOGÉNIE

FONCTIONS BARESTHÉSIQUES

J'ai donné (1) le nom de fonctions baresthésiques à la perception de la pression et des variations lentes de la pression du milieu ambiant sur le corps de l'animal. Dans les formations ectodermiques qui précèdent de très loin les formations auriculaires, la papille neuro-épithéliale perçoit directement cette pression et ses changements. En effet, ce sont des organes ouverts et plus ou moins largement en communication avec le milieu liquide extérieur.

Chez les Invertébrés beaucoup de ces appareils sont convexes et saillants comme certains *organes marginaux* des Méduses ; d'autres sont concaves et même fermés, mais la dépressibilité des parois nous fait admettre que la pression du liquide intérieur de ces organes est égale à celle du milieu extérieur.

Je prendrai pour exemple de ces organes déjà

1. Vertige, coll. Charcot-Debove. — L'oreille, coll. Léauté.

fermés chez les Méduses *Œquorea Forskalia* (Hertwig (fig. 1) et *Œquorea discus* (fig. 2).

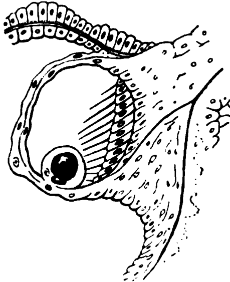


FIG. 1.

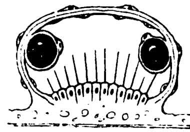


FIG. 2.

Les *organes centraux* des Turbellariés et des Cténophores sont ou très largement ouverts, comme chez

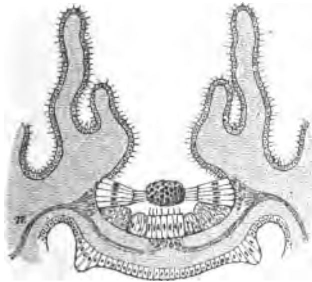


FIG. 3.

Cœloplana Metchnikowi (fig. 3) ou en communication régulière avec l'extérieur, comme chez *Calliarina* (fig. 4).

Les *organes otocystiques* sont de même ou bien immergés dans la masse molle de l'animal, et pénétrés par la pression ambiante, ou en communication

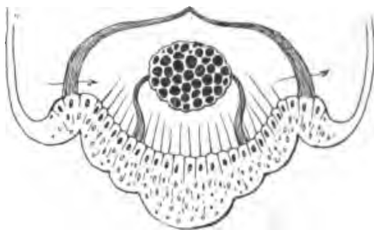


FIG. 4.

directe avec l'extérieur. Dans les deux cas, la papille est sensible aux variations de la pression extérieure.

Il en est de même des *organes latéraux* des Vers,

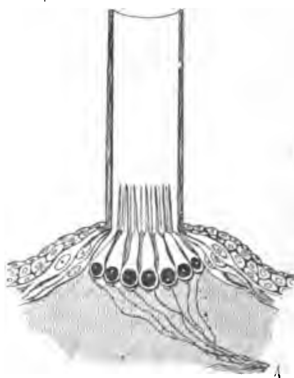


FIG. 5.

des Annélides, des Cyclostomes, des Poissons et des Amphibiens, dont voici quelques types (fig. 5).

Le dispositif anatomique de ces organes nous montre combien se fait rapidement la transformation de la tactilité au contact en tact à distance, adapté aux milieux fluides.

Comme nous le verrons, ces organes sont adaptés déjà aux perceptions des variations rapides de pression, produites soit par l'ébranlement provenant du milieu extérieur, soit par les déplacements mêmes

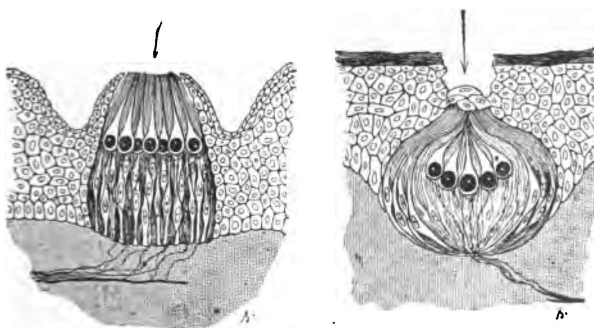


Fig. 5.

de l'animal, et ils desservent en même temps la fonction seisesthésique et le sens des attitudes. Je ne m'occuperai pas de ce dernier, si important, et que j'ai longuement étudié ailleurs.

Les *organes labyrinthiques* perdent peu à peu à mesure qu'on s'approche des espèces à vie aérienne leur communication directe avec le milieu extérieur. Néanmoins chez les Holocéphales, comme la *Chimæra*

monstrosa (fig. 6), ou les Selaciens, comme la Torpille et les Raies, il y a un conduit spécial qui fait communiquer directement la cavité labyrinthique avec le liquide extérieur (fig. 7).



Fig. 6.



Fig. 7.

Chez la plupart des Mollusques la cavité otocystique restait en communication avec l'extérieur ; ce que nous trouvons chez les Sélaciens est un souvenir de cette adaptation physiologique.

Partout ailleurs, l'équilibration se fait par l'intermédiaire d'une membrane souple, le plus souvent chargée d'un opercule rigide. Chez l'Alose et la

Carpe (fig. 8), par exemple, l'appareil labyrinthique entre en rapport avec la masse pneumatique de la vessie natatoire (VN). Chez tous les autres animaux, il apparaîtra un diverticule pharyngien, ayant toujours la signification d'une trompe d'Eustache, par lequel l'air extérieur viendra faire sur la face interne du tympan équilibre à la pression extérieure, et sur la face externe de la fenêtre ronde, équilibre à la pression labyrinthique.

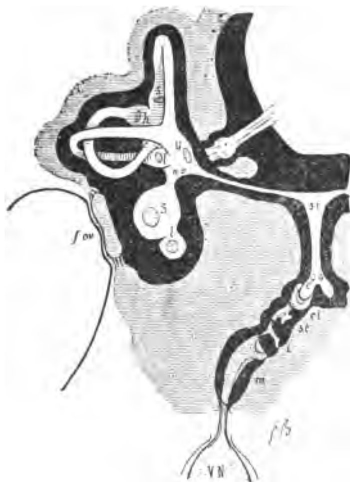


Fig. 8.

J'ai exposé antérieurement, dans d'autres études, l'utilité et le mécanisme de cette formation, et cette compensation pneumatique ne rentre pas, — pour ce chapitre, — dans l'étude des fonctions baresthésiques, que nous n'esquissons que pour arriver logiquement à la définition physiologique de l'audition.

Retenons ce fait général si important que dans toutes les formations auriculaires, et préauriculaires, la papille est directement ou indirectement à même de percevoir les variations lentes de la pression du milieu ambiant, et que dans les cas où cette perception semble moins évidente et moins forcée, comme

dans les appareils fermés, des raisons d'ordre physiologique — réflexes au niveau de la vessie natatoire pour l'hydrostatique et la statique de l'animal, réflexes tubaires pour le maintien de la liberté du tympan, etc., — ces raisons nous obligent à l'admettre.

Je renverrai à mon livre sur l'*Oreille*, vol. II et III, pour l'étude de cette intéressante fonction et de ses réflexes, et je me bornerai à cette remarque que l'Oreille, dès son apparition jusqu'à nous, est visiblement adaptée à la perception des variations lentes et non périodiques de la pression du milieu fluide extérieur. Nous allons voir, avec les fonctions seisesthésiques, comment elle s'est adaptée à celle des variations rapides et plus ou moins périodiques de cette pression, c'est-à-dire des ébranlements.

FONCTIONS SEISESTHÉSIQUES.

J'ai distingué, par le mot σεῖσις, les ébranlements du milieu fluide des ébranlements solidiens pour lesquels le terme de σεισμός était déjà usité. Les ébranlements sont des variations rapides et périodiques de pression circulanl à travers le milieu où vit l'animal, et on conçoit que les mêmes appareils qui perçoivent les variations lentes devront se modifier dans un certain sens pour s'adapter à la perception des variations rapides.

Quand un ébranlement parcourt une masse fluide, il sollicite successivement l'inertie de toutes ses molécules, et sa propagation est si rapide qu'un grand nombre de molécules voisines sont sollicitées à un

moment donné d'une façon presque identique. S'il se trouve qu'un certain nombre de molécules, celles d'un corps solide, suspendu et suffisamment libre dans ce milieu fluide, soient successivement intéressées dans une phase ondulatoire de telle façon que la sollicitation — successive sans doute, mais presque absolument simultanée, vu la petitesse du corps solide par rapport à la phase ondulatoire, — de toutes les molécules de ce petit corps, puisse s'imposer comme en bloc à la masse totale de ces molécules et que la liberté d'oscillation totale de ce corps s'offre à la sollicitation ondulatoire aussi docilement que la liberté d'inertie moléculaire s'offre à la conduction, le corps tout entier oscillera comme s'il était une seule grosse molécule. Seulement, il ne s'agira plus ici de dilatation et de condensation moléculaires, car ce n'est pas l'élasticité intermoléculaire qui est en jeu; il se produira, dans la marche de l'ondulation, un va-et-vient de la masse des molécules sollicitées solidairement par la phase positive et négative de l'ondulation, refoulant et aspirant alternativement le corps suspendu et inerte, dans le sens de la propagation. La *suspension*, c'est-à-dire la liberté d'inertie totale l'emporte ici sur l'inertie moléculaire et l'oscillation de la petite masse solide remplace sa conduction.

Comme cette masse est solide, sa suspension dans un milieu fluide donne à ses molécules une solidarité bien distincte de celle que rencontrerait l'ébranlement dans la même masse si elle était fluide. L'ébranlement trouve donc en ce point la capacité d'un travail relativement considérable, dont la compa-

raison suivante peut donner quelque idée : Si j'agite avec la main l'eau contenue dans un vase en verre, quelque violemment que j'agite cette eau, elle ne pourra qu'à peine ébranler le verre, jamais le briser. Si je place dans cette eau un morceau de glace, c'est-à-dire si j'introduis un peu d'eau rigide dans la masse de l'eau fluide, et bien qu'à volume égal le poids de la glace soit moindre que celui de l'eau, et que la glace n'ait d'autre impulsion que celle que lui communique l'eau ambiante, son action de masse, et la rigidité que lui donne la solidarité de ses molécules unies dans une même impulsion feront que le heurt de la glace contre le verre pourra le briser.

Cet exemple que je prends ne se superpose pas exactement à l'exposé qui précède, car il s'agit dans le premier cas d'une simple ondulation du milieu fluide et non d'une agitation en masse. Néanmoins, dans les deux cas il y a substitution d'une masse solide à une masse fluide, de la solidarité moléculaire à la plasticité moléculaire, de la suspension totale d'un corps inerte à son élasticité intermoléculaire. Il est hors de doute que le travail produit dans ces conditions est de beaucoup supérieur, car dans la formule $\frac{1}{2} m v^2$, m représente ici la masse de toutes les molécules solidairement unies dans la forme rigide de corps suspendus, v est la vitesse de déplacement total de corps suspendus pendant le même temps, tandis que dans le cas de la masse fluide m ne paraît correspondre qu'à une molécule occupant un point défini, v l'excursion de cette molécule sous

le passage de l'ondulation, ces deux termes étant très inférieurs aux précédents.

Ce problème de la substitution du corps solide au milieu fluide au voisinage de la papille et de la suspension de ce corps solide offert aux ébranlements du milieu fluide ambiant a été réalisé de bien des façons.

C'est d'abord, chez les Méduses, un tentacule du bord de l'ombrelle perdant sa souplesse et sa mobilité, pour prendre de la rigidité et acquérir, par une délicate suspension, une grande liberté d'inertie.

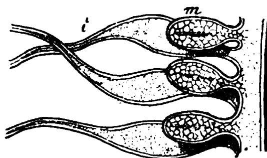


Fig. 9.

C'est le début des merveilleuses appropriations organiques qui vont exploiter les diverses formes de l'inertie et développer une sensibilité tactile qui aboutira à l'audition telle que nous la connaissons chez l'Homme.

Puis, cette petite masse va s'alourdir et se consolider de dépôts calcaires, dont voici de remarquables variétés dans les organes marginaux.

Il est intéressant de rapprocher de ces formations inertes et saillantes les balanciers des Diptères, les haltères, qui sont des organes à la fois simples et mobiles, c'est-à-dire des ailes, devenues rigides, suspendues et extrêmement susceptibles aux sollicita-

tions. Elles aussi desservent le sens des attitudes et l'équilibration (fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15).



Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 13.

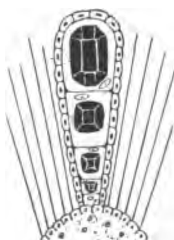


Fig. 14.

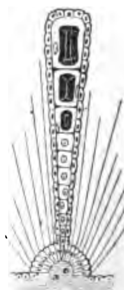


Fig. 15.

Puis, ces formations calcaires, otolithiques, s'inva-

ginent et s'enfoncent dans des cavités sans perdre le pédicule qui les suspend (fig. 16, 17).

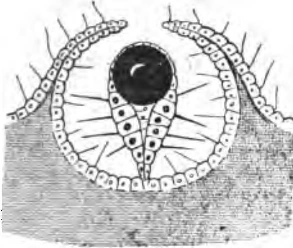


Fig. 16.

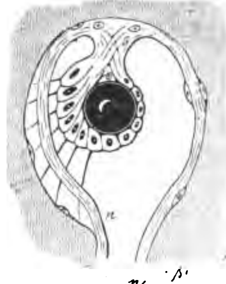


Fig. 17.

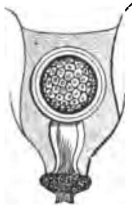


Fig. 18.

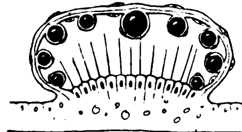


Fig. 19.

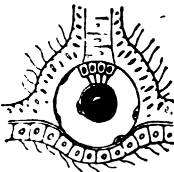


Fig. 20.

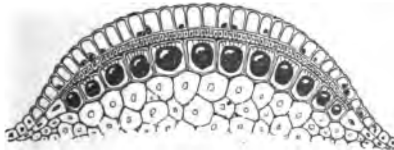


Fig. 21.

Bientôt l'otolithe est presque libre dans une cavité secondaire ou dans la cavité générale de l'otocyste (fig. 18, 19, 20 et 21).

Dans les organes centraux des Cténophores et des Turbellariés, nous trouvons de remarquables modes de suspension de l'otolithe au-dessus des papilles neuroépithéliales assurant à l'appareil une merveilleuse délicatesse (v. fig. 3 et 4).

Chez les animaux porteurs d'otocystes réguliers et sphériques la masse otolithique, simple ou multiple,

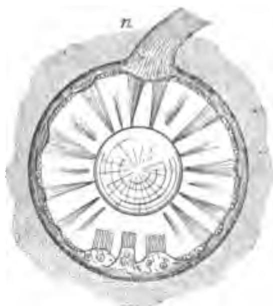


Fig. 22.

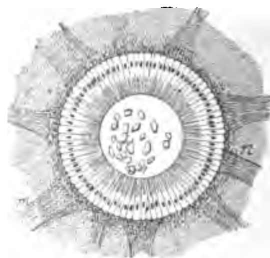


Fig. 23.

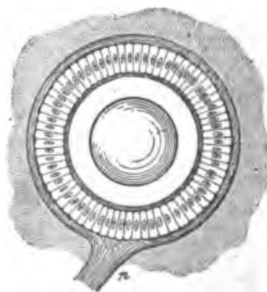


Fig. 24.

est libre dans la cavité, suspendue par le seul liquide ou par de minces faisceaux de cils (fig. 22, 23, 24).

Les organes laléraux des Poissons, si sensibles aux variations de pression produites par le déplacement de l'animal, sont extrêmement sensibles aux ébranlements et l'animal oriente merveilleusement l'origine d'un ébranlement par la multiplicité des directions dans lesquelles sont braqués ses nombreux appareils. En voici quelques types (fig. 25, v. aussi fig. 5).

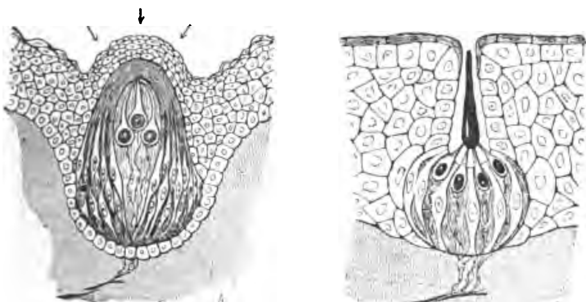


Fig 25.

Avec les organes labyrinthiques apparaît une différenciation très prononcée de la cavité otocystique. La papille utriculaire va porter des otolithes ainsi que la papille sacculaire, et tandis que l'utricule gardera pour lui la perception des variations lentes de pression et qu'il partagera avec les ampoules des canaux l'analyse des variations de pression provoquées par les déplacements et changements d'attitude de l'animal, le saccule va développer de plus en plus l'adaptation aux fonctions seisesthésiques. Nous le trouvons déjà très développé chez l'Esturgeon, avec sa double papille et son singulier otolithe.

Déjà volumineux chez la Perche, il présente le tympan convexe de sa paroi sous l'opercule qui le sépare du milieu extérieur, et il en sera ainsi jusqu'à l'Homme.

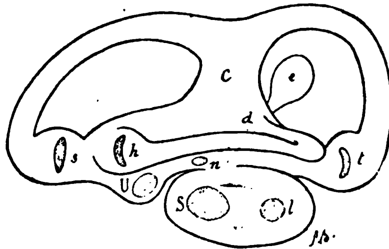


Fig. 26.

Nous avons dit que la petite masse otolithique oscillait en totalité sous le passage de l'ébranlement, et que cette oscillation était perçue par la papille neuroépithéliale sous-jacente. Les oscillations de l'otolithe inerte et suspendu au contact de la papille ont la même périodicité que l'ébranlement et leur force reste proportionnelle à la sienne. Ajoutons que le sens de l'oscillation reste, dans les limites où le permet chaque mode particulier de suspension, celui de la propagation, c'est-à-dire de l'incidence de l'ébranlement.

La papille analyse donc la force, la périodicité, la forme et l'incidence de l'ébranlement. Elle oriente donc directement. Dans les otocystes concaves et sphériques cette orientation se comprend de soi. Mais à mesure que l'appareil labyrinthique s'enfonce plus

profondément dans le crâne, les ébranlements du milieu fluide sont plus ou moins canalisés par le conduit externe et, par la réduction du nombre des incidences directement perceptibles, se réduit de même l'étendue de la papille concave du saccule.

Puis, l'opercule rigide formé par la plaque qui ferme la fenêtre ovale avec ou sans appareil tympanique interposé entre le milieu fluide extérieur et l'oreille externe simplifie encore le mécanisme en réduisant l'orientation seisesthésique dans chaque oreille. En effet, cette plaque, opercule ou étrier, est surtout adaptée à l'oscillation directe de dehors en dedans, mais cependant les incidences obliques la font dévier de sa présentation ordinaire ; la plaque, tout en oscillant de dehors en dedans, s'incline plus ou moins selon l'obliquité de l'incidence de l'ébranlement transmis, et sa pulsation frappe ainsi plus directement tel pôle de la convexité sacculaire et sollicite dans tel sens diamétralement opposé le déplacement des otolithes vers le pôle opposé de la concavité papillaire. Cette orientation se fait donc un peu comme l'orientation rétinienne. L'incidence de l'ébranlement modifie la présentation de la plaque stapédienne, et cette présentation vise plus directement telle partie de la papille utriculaire, sollicitant les otolithes selon tel axe secondaire.

Je reprendrai cette question de l'orientation seisesthésique à propos de l'orientation auditive.

La transmission moléculaire de l'ébranlement peut donc mettre en oscillation totale les otolithes suspendus à la surface de la papille. Mais dans les formations labyrinthiques plus élevées, le liquide est à

son tour suspendu entre des membranes, comme chez les Poissons dont les liquides labyrinthiques ont une fenêtre ouverte sur le contenu pneumatique de la vessie natatoire et plus tard chez les Amphibiens munis d'une trompe d'Eustache et d'une fenêtre ronde.

Le liquide labyrinthique ainsi suspendu peut osciller en totalité, car son incompressibilité lui permet de se comporter comme une masse non élastique, — mais plastique, — suspendue entre des membranes. Dans ces conditions, il prend part au branle général et oscille lui aussi en totalité. Nous aurons à développer ce point important à propos de l'audition.

J'ai parlé jusqu'ici des perceptions seisesthésiques, qui ont pour objet l'ébranlement transmis à travers le milieu fluide ; quand cette transmission atteint les appareils auriculaires par contact du corps avec ce milieu solide, je donne à cette perception, qui doit être distinguée de la première modalité, le nom de perception *sismesthésique*. Dans ce cas, l'ébranlement traverse la papille elle-même avant l'otolithe, mais c'est encore celui-ci qui, pris de trépidation, devient l'agent d'irritation papillaire. Le mécanisme diffère donc assez peu.

Ces perceptions seisesthésiques et sismesthésiques constituent ce qu'on a appelé à tort l'audition de tous les Invertébrés et même celle des Vertébrés inférieurs. Je me suis élevé contre cette extension de facultés connues par l'Homme en lui-même à tout le règne animal dans un article publié dans la *Revue scientifique* du 27 décembre 1890, et j'ai pu reconnaître que le

sujet avait été repris depuis par divers auteurs avec des conclusions analogues. Je le reprends donc de nouveau y sans changer grand'chose, car il établit la démarcation entre l'audition vraie et ce qui n'est pas encore l'audition.

Autant, remarquais-je, nous avons été lents à reconnaître que l'Homme ne devait la supériorité de ses formes et de ses attributs qu'à l'expérience de toute son ascendance animale, autant nous fûmes toujours prompts à attribuer, assez gratuitement d'ailleurs, aux autres animaux, des qualités psychiques et sensorielles plus ou moins identiques aux nôtres. Il semble qu'il y ait, en réalité, quelque insolence à prétendre que l'audition, telle que nous la pratiquons, est absolument refusée à l'immense majorité des êtres vivants, et en particulier à tous les Invertébrés. Cela tient, d'une part, à ce que nous connaissons à peine nos propres sens, et qu'il nous reste encore beaucoup de nos facultés à découvrir, tout en nous en servant d'une façon aussi constante qu'inconsciente, et, d'autre part, cela dépend aussi de notre naturelle tendance à fonder sur de lointaines analogies organiques des assimilations fonctionnelles qui sont loin d'être toujours acceptables.

Ici, c'est une tache pigmentaire que nous élevons à la dignité d'œil ; là, un crin, un otocyste que nous appellerons organe auditif, et du même coup nous admettons que la tache sert à voir et le crin à entendre. Comme la vue et l'audition ne nous sont connues que par nos propres sens, il en résulte une interprétation déplorable du fonctionnement sensoriel chez tous les animaux.

Pour l'ouïe, suivant une opinion que l'on croit solidement établie sur des faits, elle semblerait fort développée chez des animaux très éloignés de nous. Rappelons l'Araignée de Grétry, de Pelisson et de bien d'autres, qui étaient de vraies organisations musicales ; les Crustacés comestibles, qu'on ne pêche qu'à la condition d'observer le silence le plus rigoureux ; les Crabes de Minasi, qui s'arrêtaient au milieu de leurs ébats tumultueux dès qu'une sonnette les rappelait à l'ordre ; les Palœmons de Hensen, qui bondissaient dès que le moindre son leur parvenait, et les Mysis, qui montraient dans les crins de leur queue de quoi satisfaire toute une théorie de l'audition encore admise d'ailleurs généralement aujourd'hui.

Dæhl a fait des constatations analogues chez les Araignées. Romanes remarque que ces animaux cherchent à s'approcher des instruments aux sons doux, et cite une observation de Reclain qui, pendant un concert, à Leipzig, vit une araignée descendre d'un lustre tandis qu'un violon exécutait un solo, et remonter bien vite dès que l'orchestre se mit de la partie. Cependant Romanes émet des doutes sur la signification de ces faits, et bon nombre d'auteurs, entre autres Lubbock et Forel n'ont pu reconnaître si les Insectes entendaient. Rappelons aussi les expériences de J. Muller, de Hensen, de Mayer et de Delage.

Audition signifie perception des bruits et des sons, mais perception sous forme tonale et non sous forme de trépidation. C'est cette perception tonale que nous refusons absolument à tout être dépourvu d'un appareil sacculo-limacéen.

Si un animal entend parce que certains cils de son corps entrent en vibration par certains ébranlements de l'air, un épi de seigle, un morceau de velours, une brosse qui vibrent harmoníquement, entendraient également. Que l'on revête l'homme le plus désespérément sourd d'une armure rigide, qu'on en fasse un articulé du genre des hommes d'armes du moyen âge, qu'on le place dans un vase capable de vibrer et d'entrer en trépidation, ou bien il s'arrêtera net aux premières secousses comme les Crabes de Minasi, ou bien il se livrera aux bonds désordonnés des Palœmons d'Hensen. Ce n'est pas le son qui l'affectera, puisqu'il est sourd, mais bien la trépidation qui, désagréable pour un Mollusque, doit être intolérable pour un Crustacé enveloppé de pièces rigides, ajustées et en contact.

Rien ne ressemble plus au bruit du vol d'une mouche que le son d'un diapason ou celui des instruments doux ; mais aussi le vol même de la mouche et ses efforts énergiques pour se délivrer quand elle est prise ne produisent-ils pas un ébranlement de l'air très semblable pour nous à celui du diapason ? Ce qui est son, bourdonnement pour nous, n'est qu'un battement d'ailes pour l'Araignée.

Romanes cite à ce sujet une très intéressante observation de Boys, très instructive et d'une interprétation plus aisée que cet auteur ne semble l'avoir cru. Il remarqua qu'en touchant légèrement avec un diapason un point de la trame d'une araignée, celle-ci se retournait aussitôt du côté du diapason et de ses pattes antérieures elle tâtait les rayons de sa toile pour découvrir celui qui vibrait ; puis de proche en

proche elle gagnait ce diapason et cherchait à le ligoter comme elle eût fait d'une mouche. On sait que les araignées ne jouissent pas d'une vue bien subtile et l'odorat n'a chez elles rien de remarquable; on leur accorde en revanche une ouïe très fine qui leur sert, selon les auteurs, à satisfaire leurs appétits musicaux et même carnassiers. Nous les croyons, pour notre part, absolument sourdes, presque aveugles, mais remarquablement douées au point de vue de ce qu'on peut appeler le *sens de la trépidation*, sens qui suffit aux besoins de l'immense majorité des animaux et qui chez les êtres supérieurs se compliquera sur le tard des perceptions sonores. Ce sens que Dugès appelle « fausse audition », c'est la perception seisesthésique ou sismesthésique, que reconnut, sans connaître mon travail, W. Nagel deux ans plus tard, en 1892.

La perception tonale, le son est d'acquisition récente, comme sans doute aussi la couleur dans la série animale; ce sont des opérations sensorielles qui exigent un degré de perfectionnement remarquable.

Nous avons un organe, le limaçon, qui nous permet d'évaluer des rythmes rapides sous forme de *sensations continues auxquelles nous pouvons attribuer une place dans un ensemble de sensations continues de même nature* et de les grouper en séries. C'est un luxe dont on a su longtemps se passer. L'Araignée sent une trépidation, palpe le fil qui vibre le plus, le parcourt, s'arrête un instant aux embranchements, et arrive au point où la force, la forme de la trépidation, caractéristique de telle ou telle proie, lui indique l'ensemble des manœuvres

instinctives et quelquefois inintelligentes, comme dans le cas du diapason de Boys, qui lui livreront cette proie. On observe chez l'Araignée le même automatisme si bien étudié ailleurs par Fabre, et le point de départ de cette série d'actes adaptés est toujours la perception d'une trépidation.

Le centre de la toile, rendez-vous de tous les fils radiés, est un véritable centre d'information, et c'est là, en effet, qu'elle revient prendre l'orientation. Bien plus, l'extrême délicatesse de ces fils, dont le poids de l'Araignée augmente la tension, avertit l'animal des ébranlements de source lointaine qui lui sont communiqués par l'air, et arrêtés par cet écran léger. L'Araignée de Boys se laissait glisser le long de son fil vers le diapason, comme elle faisait pour le violon solo de Reclain, et remontait dès que Boys touchait de son diapason au point de la toile. Cette épreuve explique suffisamment l'intérêt extramusical que portait l'Araignée de Leipzig au violon dont les vibrations lui parvenaient. Dès le premier *tutti*, toute la salle trépidait, y compris la toile, et notre Araignée remontait précipitamment. Elle était à ce moment aussi étrangère à la musique que Reclain lui-même.

Les Poissons, qui possèdent l'orientation par le remarquable développement des canaux du labyrinthe et leurs organes latéraux braqués sur tous les points de leur milieu liquide, d'une telle susceptibilité seisesthésique qu'ils perçoivent les plus infimes ébranlements, les Poissons ne sont que des sourds-muets, aussi sourds que muets.

Tous les animaux possédant l'appareil otolithique sous toutes ses formes perçoivent des ébranlements

du milieu l'intensité, la direction, le rythme, le nombre seulement, mais ne peuvent en faire des sensations continues comparables à ce que nous appelons bruits et sons. Toutes les expériences et les observations invoquées ici comme rendant manifeste l'audition chez les Invertébrés ne prouvent que la perception seisesthésique et sismesthésique, c'est-à-dire la connaissance des modifications plus ou moins rythmiques de l'équilibre de pression du milieu ambiant. Le Mollusque collé à la roche connaît l'approche d'une proie ou d'un ennemi, il sent la vague se briser à ses côtés, il vit généralement sur un sol bon conducteur et, par son appareil pédieux, sait tout ce qui se passe dans le sol. Cet appareil otolithique est merveilleusement adapté pour trahir les moindres ébranlements qui traversent la masse molle où il est plongé chez le Mollusque ou sous la cuirasse insensible des Crustacés.

Dans un de ses livres, Charles Nodier rapporte l'opinion de M. Mauduyt, qui, dans une conversation avec de la Mettrie, disait à ce propos : « N'en est-il pas de même de l'Araignée, si sensible « aux moindres ébranlements, qu'à la vibration « d'une voix ou d'un instrument qui fait frémir sa « toile, elle se précipite, ou plutôt se laisse tomber « au centre où convergent tous ses rayons, ce qui « lui a valu, assez ridiculement selon moi, la répu- « tation de musicienne. »

La remarque est donc ancienne, et elle s'applique à tous les Invertébrés et à beaucoup de Vertébrés inférieurs.

FONCTIONS AUDITIVES

Chez les Poissons, à côté de la papille de saccule se détache une papille secondaire avec un petit diverticule nommé *lagéna*. Il est actuellement impossible de dire à quoi sert ce dernier appareil, s'il est encore seisesthésique ou déjà auditif. Mais une troisième formation apparaît avec les Amphibiens, chez les Urodèles, et cette formation est déjà un limaçon simple, apportant le caractère fondamental de l'adaptation auditive si développée chez les Vertébrés inférieurs, à savoir la suspension de la papille sur une membrane susceptible de mise en oscillation totale.

On voit (fig. 27) un diverticule (cp), conduit périlymphatique émané de la cavité endocrânienne, et venant passer au-dessous de la papille (b) de la partie basilaire du futur limaçon. Cette papille est ainsi suspendue. Chez les Anoures, la chose est plus nette encore (fig. 28) et nous voyons de plus apparaître un diverticule pneumatique émané (TE) de la cavité pharyngienne et qui vient suspendre le tympan, les osselets et la face externe de la fenêtre ronde. Ces progrès dans la suspension des milieux



FIG. 27.

inertes de l'oreille coïncident avec les nécessités de la perception des ébranlements traversant les milieux aériens et de la mise en oscillation totale des milieux inertes de l'oreille sous la propagation d'ébranlements relativement faibles. C'est un énorme progrès dans la mécanique auriculaire chez les Reptiles (fig. 29).

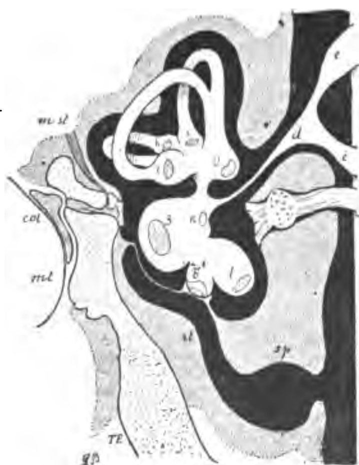


Fig. 28.



Fig. 29.

Ce diverticule pneumatique suspend de plus une membrane fermant le conduit périlymphatique sous-basilaire, la rampe tympanique du futur Limaçon ; c'est la fenêtre ronde, la voie d'échappement du liquide labyrinthique oscillant en totalité, et ouverte maintenant sur le milieu élastique et aérien de la

caisse tympanique. C'est une délicatesse de plus apportée à la suspension du liquide labyrinthique.

Chez les Oiseaux et les Mammifères de nouveaux progrès s'accomplissent que nous étudierons chez

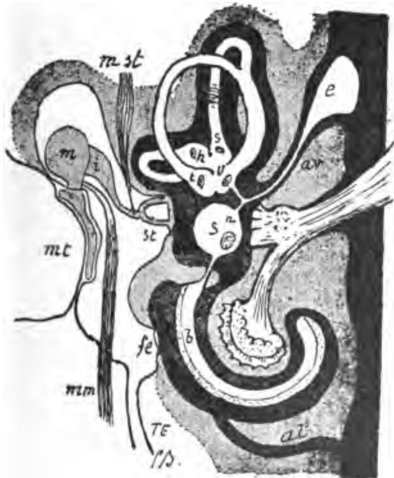


FIG. 30.

l'Homme. Ce sont ces délicatesses de suspension, et l'étalement de la papille basilaire suspendue qui vont permettre la sensation continue du son, c'est-à-dire l'audition tonale (fig. 30).

CHAPITRE III

ANATOMIE

L'OREILLE HUMAINE

Je n'entreprendrai pas l'anatomie descriptive de l'oreille de l'Homme, mais je pense devoir, par une série de figures expliquées, définir la machine auriculaire sans perdre de vue la théorie de son fonctionnement.

La figure 31 représente une coupe très schématique des milieux auriculaires, dans le sens vertical et transversal. En dehors, les saillies sinueuses du pavillon et de la conque, avec H, l'hélix, A, l'anthélix, est le lobule — le pavillon et la conque forment un entonnoir contourné immobilisant au-dessus du méat M une masse d'air qui appartient ainsi à la fois à la masse aérienne extérieure et à celle de conduit de M en T. Ce conduit, avec, au fond, T, le tympan, surmonté des osselets *m* et *i*, le marteau et l'enclume, articulée avec *st* l'étrier. Au-dessus des osselets la voûte de l'attique, communiquant avec les cellules pneumatiques de l'apophyse mastoïde, et en contact presque direct avec les méninges et les circonvolutions cérébrales. Autour des osselets, la caisse

du tympan *c*; de C en E la trompe d'Eustache s'ouvrant en dedans dans l'arrière-cavité des fosses nasales.

Au dedans le labyrinthe avec deux systèmes de cavités, en haut et en arrière le vestibule, avec *s* le saccule, *u* l'utricule avec ses trois canaux dont un seul est représenté avec son ampoule *a*. Cet appareil

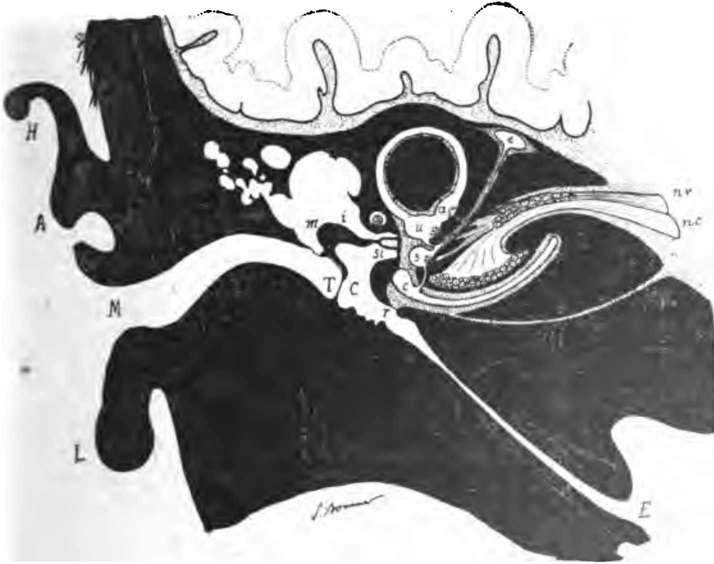


Fig. 31.

est étranger à l'audition. En bas et en avant, le limaçon *c*, ou cochlée, dont la forme spirale a été étalée en ligne courbe, et dont on voit la communication avec les espaces intracrâniens par l'aqueduc du limaçon *a l*. En dedans encore le nerf labyrinthique formé de deux troncs, l'un le vestibulaire *nv*, ne nous intéresse

pas, il appartient au sens des attitudes ; l'autre, le cochléaire, est le nerf auditif *nc*.

Passons maintenant au détail de ces parties, toujours au point de vue topographique et mécanique.

Toute l'oreille, à part le pavillon et le conduit, est taillée dans un bloc osseux, le rocher, la partie inférieure et interne de l'os temporal.

Je rappelle par ces trois figures la configuration générale de l'os temporal.

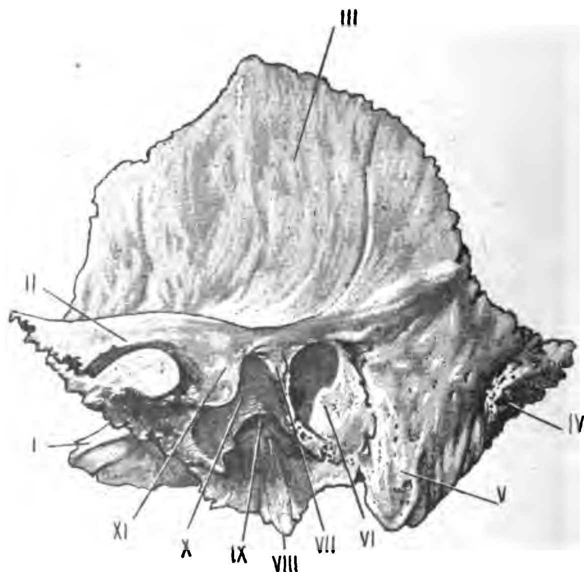


Fig. 32.

La figure 32 montre la *base du rocher*. — I) Pointe du rocher. — II) Apophyse zygomatique. — III) Écaille du temporal. — IV) Trou mastoïdien.

— V) Apophyse mastoïde. — VI) Orifice du conduit auriculaire osseux. — VII) Tubercule auriculaire. — VIII) Apophyse vaginale recouvrant l'apophyse styloïde. — IX) Scissure de Glaser. — X) Portion articulaire de la cavité glénoïde. — XI) Branche articulaire de l'apophyse zygomatique.

La figure 33 nous montre la *face postéro-interne*

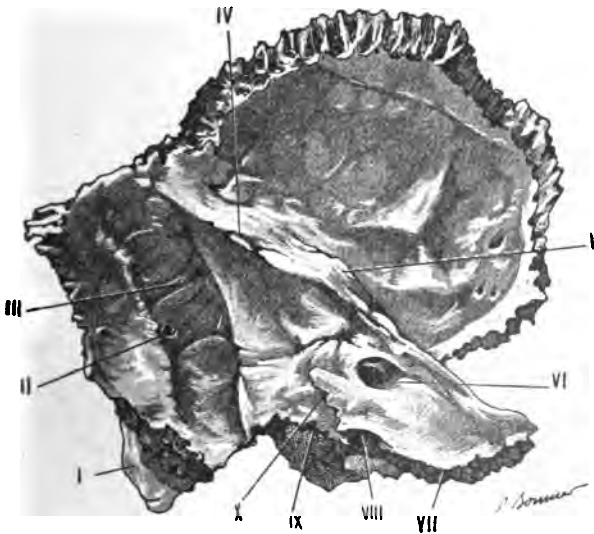


Fig. 33.

du rocher. — I) Apophyse mastoïde. — II) Trou mastoïdien. — III) Gouttière du sinus latéral. — IV) Bord supérieur du rocher donnant attache à la tente du cervelet. — V) Saillie du canal sagittal. — VI) Conduit auriculaire interne au fond duquel s'aperçoit la crête falciforme. — VII) Suture pétro-

basilaire. —VIII) Aqueduc du limaçon. — IX) Paroi du trou déchiré postérieur.—X) Aqueduc du vestibule.

Fig. 34.

Figure 34. La *face inférieure du rocher.* — I) Apophyse zygomatique. —II) Sa branche articulaire.

— III) Partie articulaire de la cavité glénoïde. — IV) Paroi inférieure du conduit auriculaire. — V) Sa paroi supérieure. — VI) Apophyse mastoïde. — VII) Rainure digastrique. — VIII) Trou mastoïdien. — IX) Trou stylo-mastoïdien. — X) Apophyse vaginale. — XI) Apophyse styloïde. — XII) Fosse jugulaire. — XIII) Aqueduc du limaçon. — XIV) Pertuis pour la branche du pneumogastrique. — XV) Canal carotidien. — XVI) Scissure de Glaser.

Nous voyons par ces quelques figures la disposition générale du massif pétreux dans lequel sont creusées les cavités de l'oreille.

COUPE VERTICALE DU CONDUIT AUDITIF

Le conduit auriculaire se présente comme un entonnoir à pavillon très évasé et sinueux, et dont l'extrémité interne est fermée par la membrane du tympan. La figure 35 nous montre une coupe verticale de tout l'appareil externe de l'oreille. En I nous trouvons la caisse du tympan, avec le groupe des gros osselets (II) et la cavité supérieure de la caisse ou attique. — (III) La paroi supérieure du conduit (IV) comme l'inférieure est occupée en partie par les glandes cérumineuses. — (V) L'aponévrose temporale. — (VI) L'hélix. — (VII) La voussure entre l'hélix et l'anthélix (VIII). — (IX) Le lobule du pavillon. En X se voit la coupe de la parotide. XI représente la paroi osseuse inférieure du conduit. C'est à ce

niveau que le conduit est rétréci et subit sa dernière courbure.

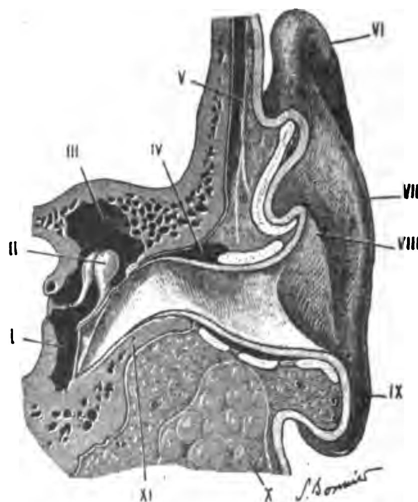


Fig. 35.

COUPE HORIZONTALE DU CONDUIT

Nous trouvons ici en I) la caisse du tympan. — II) La membrane du tympan.—III) L'aqueduc de Fallope coupé dans sa partie descendante par laquelle le facial va sortir du rocher. — IV) Le sinus veineux latéral. — V) Les cellules pneumatiques de l'apophyse mastoïde, en communication avec la caisse. — VI) Hélix du pavillon. — VII) Anthélix. — VIII) Tragus, saillie placée en avant du méat auditif, accentuant l'excavation de la conque. — IX) Ganglion

prétragien. — X) Incisures de Santorini, division du conduit cartilagineux. — XI) Parotide. — XII) Région articulaire. — XIII) Paroi osseuse antérieure du conduit.

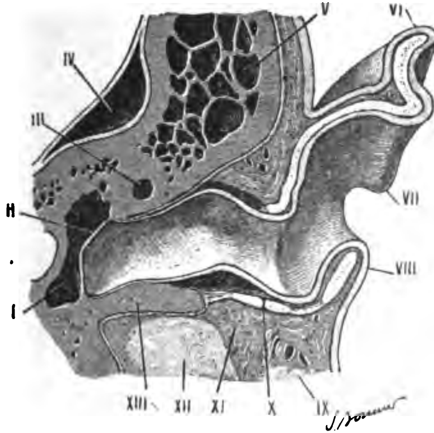


Fig. 36.

La comparaison de ces coupes, l'une verticale et l'horizontale montre mieux qu'une description les sinuosités et les variations de calibre du conduit auriculaire.

Sa longueur totale est à peu près de deux centimètres et demi.

MEMBRANE TYMPANIQUE

Au fond du conduit, la membrane tympanique, dont nous verrons le cadre plus loin. Son diamètre

est d'environ un centimètre ; elle est inclinée en dehors et en avant comme le montrent les figures 35 et 36.

I) Paroi antérieure du conduit. — II) Corde du tympan vue par transparence. — III) Apophyse externe du marteau. — IV) Membrane flaccide de Schrappnell. — V) Ligament postérieur du marteau.

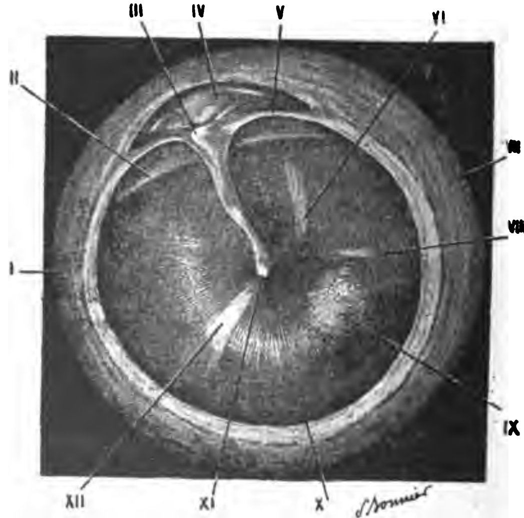


Fig. 37.

— VI) L'enclume vue par transparence. — VII) Paroi postérieure du conduit auditif. — VIII) Tendon du muscle de l'étrier, vu par transparence. — IX) Quadrant postérieur du tympan. — Bourrelet de Gerlach (v. fig. 46). — XI) Ombilic et pointe du marteau. — XII) Triangle lumineux formé par l'éclairage de la concavité tympanique.

L'épaisseur de cette membrane est d'un dixième de millimètre.

STRUCTURE DU TYMPAN

Cette figure 38 représente une dissection imaginaire de la membrane du tympan, destinée à montrer sa structure intime.

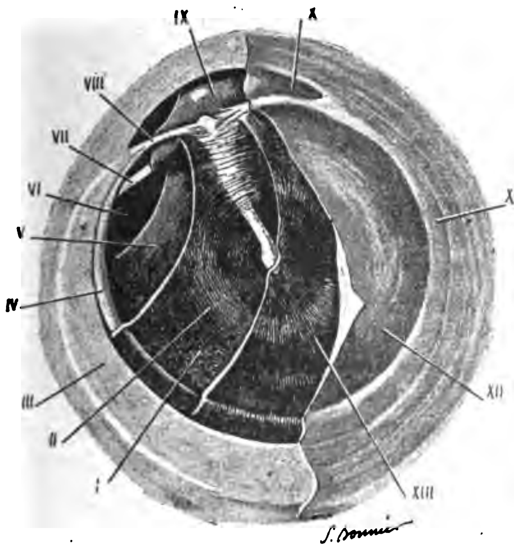


Fig. 38.

I) Fibres dendritiques de la couche des fibres circulaires. — II) Couche des fibres circulaires que l'on voit passer au-devant du manche du marteau dans sa partie supérieure.

III) Anneau tympanal osseux formant le cadre de la membrane. — IV) Bourrelet fibro-cartilagineux de Gerlach. — V) Muqueuse de la caisse recouvrant la face interne de la membrane. — VI) Cavité de la caisse. — VII) Corde du tympan et son *méso* formé par un repli de la muqueuse. — VIII) Ligament tympano-malléaire antérieur. — IX) Muqueuse de la caisse formant le feuillet interne de la membrane de Schrappnell. — X) Son feuillet externe continuant le revêtement du conduit. — XI) Bourrelet de Gerlach revêtu par l'épiderme du conduit. — XII) Face et feuillet externes de la membrane. — XIII) Fibres radiées convergeant vers le manche du marteau.

PAROI EXTERNE DE LA CAISSE

Par une coupe du squelette de la caisse, nous le divisons en paroi externe et en paroi interne. Sur l'externe, nous trouvons : I) L'antre mastoïdien, communication entre la caisse et les cellules mastoïdiennes. — II) La logette du pivot de l'enclume. — III) Toit de l'attique avec pertuis artériels. — IV) Méat du conduit osseux. — V) Face antéro-supérieure du rocher et écaille du temporal. — VI) Scissure de Glaser. — VII) Sortie de la corde du tympan. — VIII) Partie osseuse de la trompe d'Eustache. — IX) Logette du muscle du marteau. — X) Paroi externe du canal carotidien. — XI) Cercle tympanal. — XII) Paroi inférieure de la caisse. — XIII) Logette du muscle de l'étrier. — XIV) Partie

verticale du canal de Fallope. — XV) Entrée de la

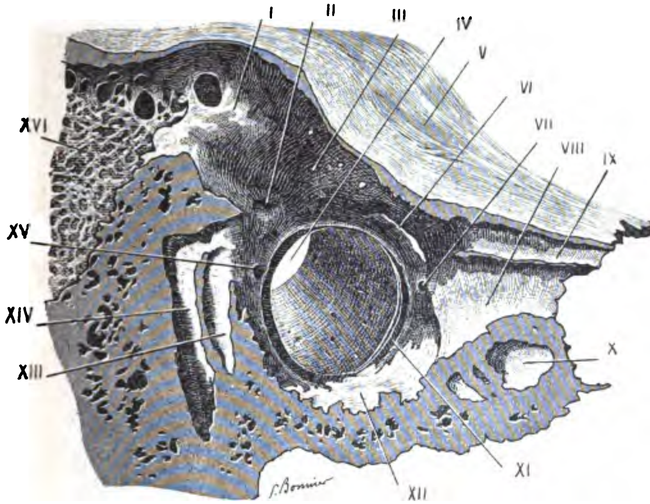


Fig. 39.

corde du tympan. — XVI) Premières cellules mastoïdiennes.

PAROI INTERNE DE LA CAISSE

Sur la face interne, nous trouvons : I) La partie osseuse de la trompe. — II) Logette du muscle du marteau terminée par le bec de cuiller où se réfléchit le tendon pour gagner le marteau. — III) Hiatus de Fallope. — IV) Fenêtre ovale du labyrinthe. — V) Deuxième portion du canal de Fallope. — VI) Saillie de l'ampoule du canal semi-circulaire hori-

zontal dans l'antre mastoïdien. — VII) Troisième portion, descendante, du canal de Fallope. — VIII) Logette du muscle de l'étrier, terminée par la pyramide osseuse d'où sort son tendon. — IX) Ponticule osseux rattachant cette pyramide au promontoire. —

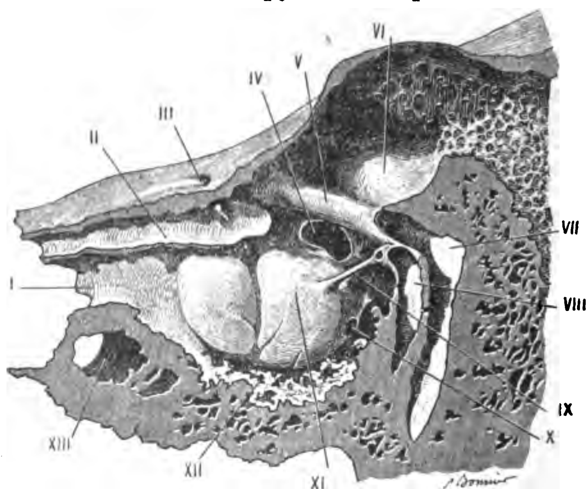
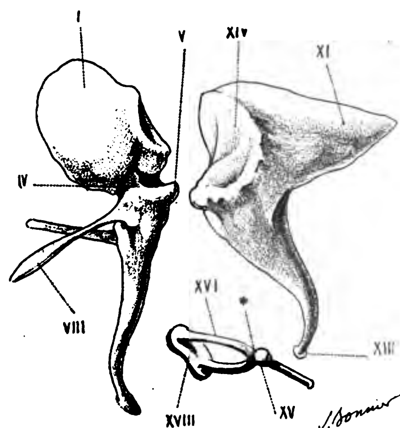


Fig. 40.

— X) Fenêtre ronde du tympan secondaire. — XI) Promontoire formé par la saillie du limaçon. — XII) Entrée du nerf de Jacobson. — XIII) Canal carotidien.

LES OSSELETS

Ils sont au nombre de trois que je représente ici nus et libres de leurs moyens de suspension.


I
V
XIV
XI
IV
VIII
XVI
XIII
XVIII
XV
J. Bonnier

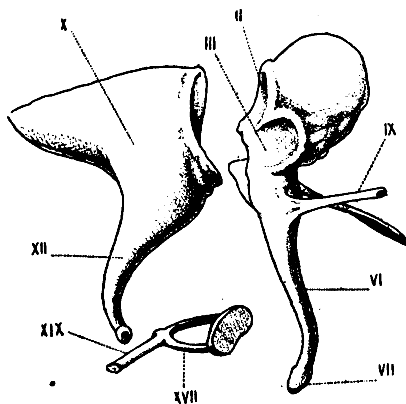

X
II
III
IX
XII
VI
XIX
XVII
VII

Fig. 41.

Le *marteau*, formé d'une tête (I), d'un col (IV), du manche (VI), d'une apophyse longue et grêle, dite de Raw (VIII), et d'une apophyse grosse et courte (V). Sa face articulaire, embrassant celle de l'enclume, se décompose en deux facettes (I et II).

L'*enclume,* massive et large, formée d'un corps (X) d'une apophyse longue (XII) terminée par un procès osseux lenticulaire (XIII), d'un pivot (XI), avec une grosse facette articulaire (XIV) sur laquelle se meut la face correspondante du marteau.

L'*étrier,* avec une tête (XV), deux branches en arcs (XVI-XVII) et sa platine (XVIII).

Le tendon du muscle du marteau s'insère au IX, celui de l'étrier au XIX.

Les osselets sont unis entre eux par des capsules ligamenteuses et suspendus aux parois de la caisse par des ligaments suspenseurs que nous allons représenter par une série de figures.

FACE EXTERNE DE LA CHAINE

I) Sillon dans lequel s'insère la membrane. — II) Bec de cuiller et tendon réfléchi du muscle du marteau. — III) Corde du tympan. — IV) Apophyse de Raw. — V) Ligament antérieur du marteau. — VI) Tète du marteau apparaissant dans l'attique derrière la paroi osseuse enlevée. — VII) Ligament suspenseur du marteau. — VIII) Ligament capsulaire. — IX) Ligament suspenseur de l'enclume. — X) Ligament postérieur du marteau. — XI) Corps de l'enclume. — XII) Corne postérieure sectionnée du cadre tympanal. — XIII) Liga-

ment du pivot de l'enclume. — XIV) Longue apophyse de l'enclume. — XV) Seconde portion du

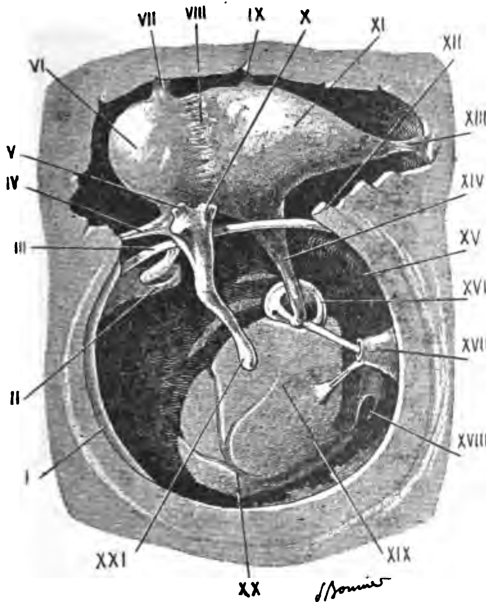


Fig. 42.

canal de Fallope. — XVI) Étrier. — XVII) Pyramide. — XVIII) Fenêtre ronde. — XIX) Promontoire. — XX) Empreinte du nerf de Jacobson. — XXI) Pointe du manche du marteau.

FACE INTERNE DE LA CHAINE

I) Pointe du manche du marteau. — II) Pyra-

mide. — III) Tendon du muscle de l'étrier. — IV) Platine de l'étrier. — V) Corde du tympan. — VI) Pivot de l'enclume. — VII) Antre mastoïdien. — VIII) Corps de l'enclume. — IX) Corde du tympan.

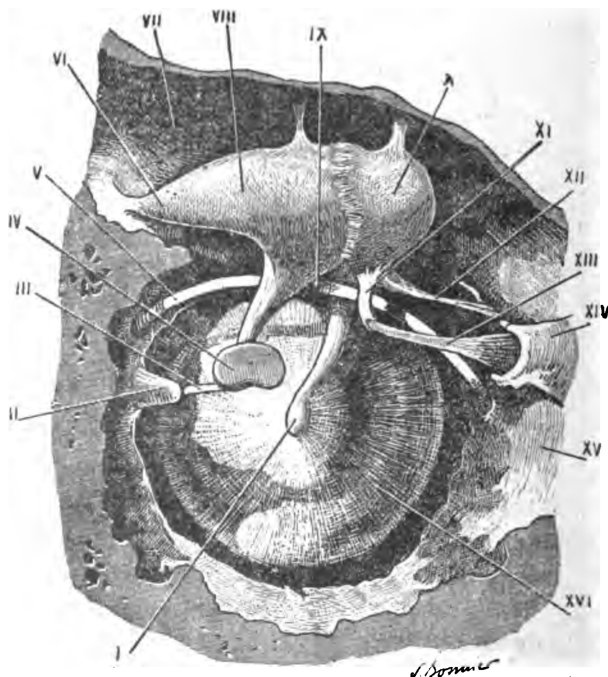


Fig. 43.

— X) Tête du marteau. — IX) Tendon du muscle du marteau. — XII) Apophyse de Raw. — XIII) Muscle du marteau (le bec de cuiller est enlevé). — XIV) Loge osseuse du muscle du marteau. — XV)

Partie osseuse de la trompe. — XVI) Face interne du tympan.

FACE ANTÉRIEURE DE LA CHAINE

I) Promontoire. — II) Cavité labyrinthique. —

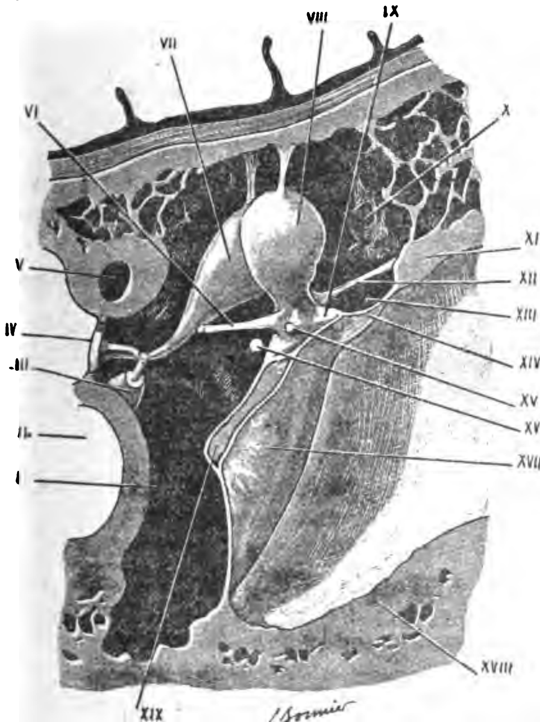


Fig. 44.

III) Pyramide. — IV) Étrier. — V) Canal de

Fallope. — VI) Tendon du muscle du marteau. — VII) Enclume. — VIII) Marteau. — IX) Apophyse externe. — X) Antre mastoïdien. — XI) Paroi inférieure du conduit osseux. — XII) Ligament. — XIII) Poche de Prussak. — XIV) Membrane de Schrappeall. — XV) Section de l'apophyse de Raw. — XVI) Coupe de la corde du tympan. — XVII) Tympan. — XVIII) Paroi inférieure du conduit. — XIX) Coupe du manche du marteau enveloppé dans la membrane.

Dans ces trois dernières figures, le revêtement muqueux est supprimé pour plus de clarté ; il est facile de le rétablir par la pensée en se rappelant qu'il se jette d'une partie à l'autre en dessinant des replis, des mésos, des écrans qui décomposent la cavité de la caisse en plusieurs cavités secondaires.

PAROI INTERNE DU LABYRINTHE

Supposons une coupe passant à un demi-centimètre en dedans de la face interne de la caisse (fig. 45). Elle nous montre la paroi interne du labyrinthe osseux. I) Coupe du canal carotidien. — II) Lame spirale osseuse du limaçon. — III) Rampe tympanique, deuxième tour. — IV) Fossette cochléaire. — V) Fossette du nerf sacculaire. — VI) Canal de Fallope, première portion. — VII) Fossette utriculaire. — VIII) Ampoule sagittale. — IX) Ampoule horizontale. — X) Gouttière falciforme dans l'orifice commun des deux canaux verticaux. — XI) Canal horizontal sectionné. — XII) Son orifice initial. — XIII) Canal transversal. — XIV) Crête du vestibule.

— XV) Ampoule transversale. — XVI) Fossette de la fenêtre ronde. — XVII) Fenêtre ronde. — XVIII) Golfe de la veine jugulaire. — XIX) Commencement

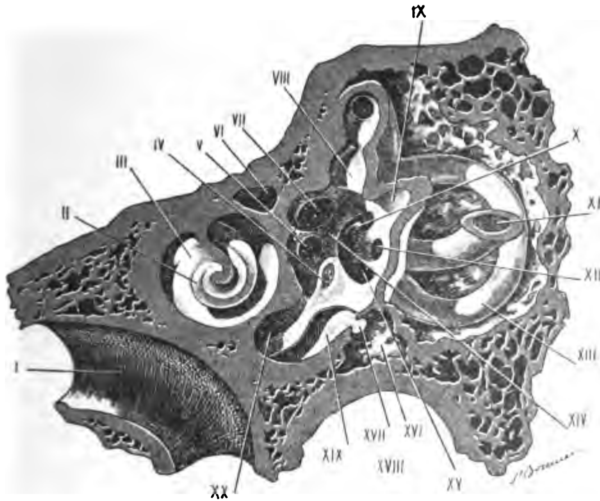


Fig. 45.

de la rampe tympanique. — XX) Rampe vestibulaire du limaçon.

PAROI ANTÉRIEURE DU LABYRINTHE

I) Paroi antérieure du conduit interne. — II) Sortie de la corde du tympan. — III) Canal de Fallope, deuxième portion. — IV) Toit de l'attique. — V) Canal horizontal. — VI) Canal sagittal. — VII) Fossette utriculaire. — VIII) Canal de Fallope, entrée. — IX) Fossette supérieure. — X) Crête falciforme. — XI) Fossette sacculaire. — XII) Conduit interne.

— XIII) Tache criblée sacculaire. — XIV) Entrée du nerf cochléaire. — XV) Lame spirale. — XVI) Trompe d'Eustache. — XVII) *Foramen singulare.* — XVIII) Aqueduc du limaçon. — XIX) Fossette cochléaire. — XX) Bord du cadre de la fenêtre ovale. — XXI) Bec de cuiller. — XXII) Cadre tympanique. Cette coupe passe obliquement par le

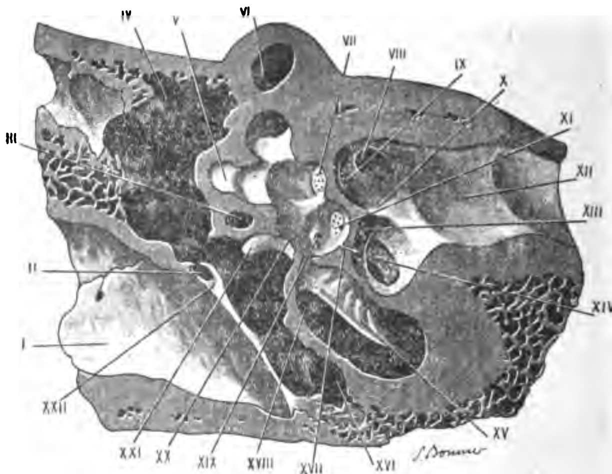


Fig. 46.

conduit externe, et par l'interne, et par la partie antérieure du tympan, ce qui explique l'étroitesse apparente de la caisse.

COUPES DU LIMAÇON

Nous voyons ici le limaçon orienté d'une façon qui n'est pas anatomique ; il repose sur sa base que

forme le fond du conduit auriculaire interne. Il est réduit aux parois osseuses.

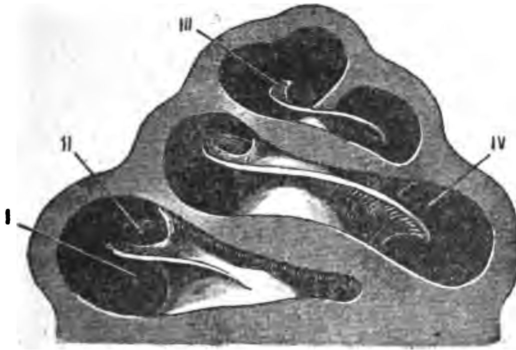


Fig. 47.

Fig. 47. — I) Rampe tympanique. — II) Lame spirale. — III) Bec terminal. — IV) Rampe vestibulaire.

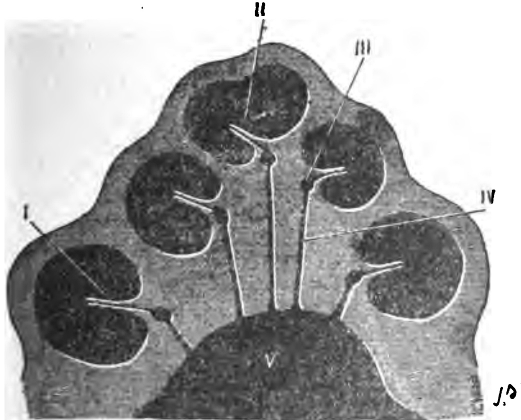


Fig. 48.

Fig. 48. — Coupe par le moyeu du limaçon. —

I) Canal externe, amenant les fibres du nerf auditif jusqu'à la papille. — II) Bec terminal de la lame spirale. — III) Canal spiral de Rosenthal, contenant le ganglion spiral de Corti. — IV) Canal interne contenant les racines du nerf cochléaire.

PAPILLE BASILAIRE

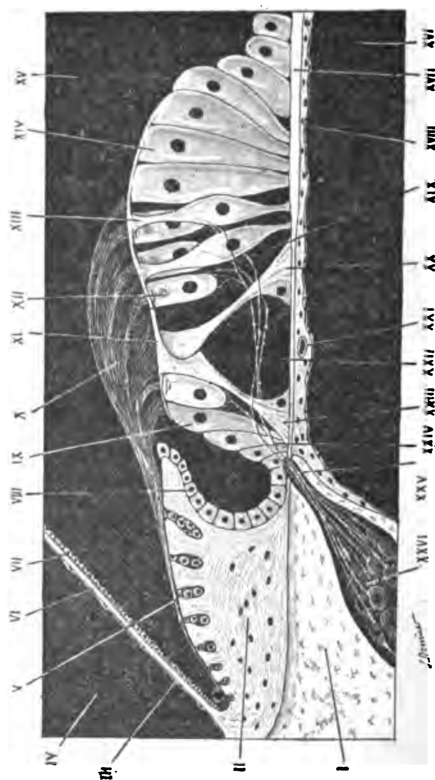


Fig. 49.

I) Lame spirale osseuse. — II) Protubérance de

Huschke. — III) Revêtement endothélial de la capsule périlymphatique. — IV) Rampe vestibulaire. — V) Cellules rondes dans les dents de la bandelette. — VI) Membrane de Reissner. — VII) Revêtement otocystique. — VIII) Cellules cubiques sur la face concave externe de la protubérance. — IX) Cellules de Claudius internes. — X) Membrane de Corti formée du chevelu ciliaire des cellules de la papille. — XI) Plateau du pilier interne, se prolongeant par la membrane réticulaire. — XII) Une cellule de Corti. — XIII) Une cellule de Deiters. — XIV) Cellules de Claudius externes. — XV) Rampe cochléaire. — XVI) Rampe tympanique. — XVII) Corde de Nuel sur la membrane basilaire. — XVIII) Revêtement endothélial de la capsule périlymphatique. — XIX) Plexus nerveux externe. — XX) Pilier externe. — XXI) Vaisseau spiral. — XXII) Plexus moyen. — XXIII) Pilier interne. — XXIV) Plexus interne. — XXV) Prolongements périphériques des cellules ganglionnaires. — XXVI) Ganglions de Corti.

CELLULE DE CORTI

C'est une cellule à gros noyau, suspendue par sa corolle à la membrane réticulaire. A la partie supérieure se trouve une sorte de petite capsule entourée du fin filament contourné en spirale et que HENSEN, qui l'a décrite, compare à un corpuscule tactile (H). Ce corpuscule de Hensen semble uni au noyau par de fines striations d'aspect filamenteux. La base

arrondie de la cellule épithéliale, véritable infusoire, est embrassée par les digitations du prolongement amœboïde de la cellule nerveuse. Au-dessus du corps de Hensen s'élèvent en faisceau les cils qui vont se

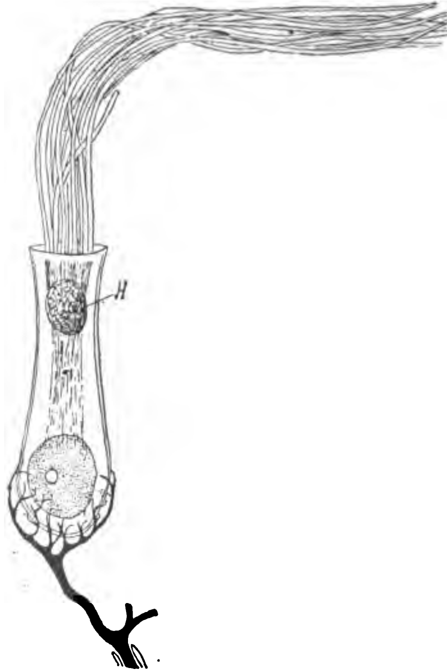


FIG. 50.

mêler aux autres cils dont est composée l'épaisse membrane de Corti. H. AYERS fait insérer ces cils sur la bandelette sillonnée et leur donne toute la longueur de la membrane.

APPAREIL AUDITIF CENTRAL

Le nerf auditif est cette moitié du tronc labyrinthique qui prend naissance sous la papille cochléaire. On sait aujourd'hui, par les travaux de Beard, Allis, Ayers, Dohrn et Houssay, que morphogéniquement l'oreille du Vertébré est un organe sensoriel de la ligne latérale. J'ai montré plus haut que physiogéniquement il en est de même.

Le nerf labyrinthique a la signification d'une racine spinale postérieure, c'est la racine sensitive d'un métamère médullaire. Dans la moelle, nous savons que la racine postérieure se divise en grosses fibres internes aboutissant à la vieille moelle, celle qui n'a pas quitté le lit de l'épendyme et a gardé sa signification ectodermique primitive et superficielle ; à ces fibres correspond le nerf vestibulaire de l'oreille qui, formé également de grosses fibres internes, à engainement myélinique précoce, aboutit à des masses nucléaires grises, le noyau de Bechterew et le noyau interne, et à un noyau de Deiters, correspondant à la colonne de Clarke dans la moelle.

Dans la moelle, nous savons aussi que les fibres fines, externes, à engainement myélinique plus tardif, aboutissent aux formations moins anciennes de l'axe gris et particulièrement à ce qu'on appelle la tête des cornes postérieures, c'est-à-dire aux parties de la substance grise qui s'écartent le plus du lit épendymaire et forment une moelle plus récente qui se propage au delà de la moelle primitive, comme

une ville moderne s'édifie sur les confins de la cité ancienne, bâtie sur les bords du fleuve épendymaire. Les parties plus récentes dans l'ontogénie correspondent sans doute à des formations plus tardives dans la phylogénie et à des fonctions tard venues. De même, dans le métamère auriculaire, des fibres grêles, externes, à engainement myélinique plus tardif — c'est le nerf cochléaire —, aboutissent à des formations nucléaires qui sont le prolongement de la tête des cornes postérieures — moelle récente —, et qui correspondent, nous le savons, à l'appareil cochléaire, organe récent dans la série des Vertébrés, et à l'audition, fonction également récente dans les acquisitions sensorielles.

Nous laisserons de côté l'ancien nerf et les vieux noyaux labyrinthiques, correspondant à des fonctions et à des formations qui ont précédé l'audition ou qui ont évolué vers une adaptation au moins aussi importante, mais tout à fait différente, le *sens des attitudes*, et nous nous bornerons à l'étude des voies auditives.

Le vaste ganglion de Corti, étalé dans le canal spiral, est le ganglion spinal de cette grosse racine postérieure. Il est formé de cellules bipolaires, les premières qu'on ait décrites, qui envoient un système de prolongements rameux vers la papille où elles embrassent par leurs ramosités l'extrémité inférieure des cellules épithéliales de Corti. Du côté central, elles émettent de longs prolongements qui aboutissent à des formations nucléaires plus ou moins élevées dans l'axe spino-cérébral. Nous ne referons pas ici le détail de cette description pour laquelle nous ren-

verrons le lecteur à notre livre sur l'anatomie du nerf labyrinthique (*Oreille, vol. I*) et au schéma que nous avons publié chez Steinheil.

Disons seulement que, de neurone en neurone, on trouve les relais suivants, parcourus par les voies auditives :

Papille basilaire ;
Ganglion spiral de Corti ;
Noyau antérieur ;
Tubercule acoustique ;
Olive supérieure du même côté ;
Noyau du corps trapézoïde du même côté ;
Noyau du corps trapézoïde opposé ;
Olive supérieure opposée ;
Noyau du ruban latéral ;
Tubercule quadrijumeau postérieur ;
Tubercule quadrijumeau antérieur ;
Corps genouillé interne ;
Écorces des première et deuxième circonvolutions temporales.

Ces voies auditives sont croisées, c'est-à-dire qu'elles aboutissent à l'hémisphère cérébral opposé ; il y en aurait aussi de directes, d'après H. HELD.

Certains neurones ont un domaine plus considérable que d'autres ; certaines fibres provenant du ganglion de Corti ne vont que jusqu'au noyau antérieur ou au tubercule acoustique, d'autres vont jusqu'à l'olive opposée, d'autres jusqu'au noyau de l'anse latérale et même au tubercule quadrijumeau postérieur. Il y a en outre entre ces relais des neurones qui les réunissent l'un à l'autre non pas seulement immédiatement de chaînon à chaînon, mais même en

passant par-dessus les chaînons les plus voisins pour aboutir à des relais très éloignés, et cela non seulement dans le sens ascendant, mais même, comme l'a montré H. Held, par voie descendante et récurrente. Ces connexions impliquent des voies d'association non seulement le long de la chaîne ascendante, mais aussi entre les noyaux des voies auditives de l'un et de l'autre côté.

Comme les noyaux correspondants de la moelle spinale, les noyaux auditifs ont des fibres adressées aux noyaux moteurs de même étage, comme le facial.

Enfin du corps genouillé interne et du noyau postéro-basilaire de la couche optique, ainsi que de l'anse latérale, des fibres convergent vers l'écorce de la première et d'une partie de la deuxième circonvolutions temporales. D'après les recherches de Larionow, dans le laboratoire de Bechterew, recherches faites sur le chien, des lésions partielles de l'écorce temporale produiraient des surdités partielles, c'est-à-dire que la perception des sons aigus ne se ferait pas aux mêmes points que celle des sons graves, ce qui indiquerait que la répartition des tonalités, si elle n'existe pas au niveau de la papille cochléaire, peut exister au niveau des centres, ce qui n'a rien de surprenant. Bechterew remarque que l'excitation des centres auditifs et des territoires voisins produit des mouvements divers du pavillon de l'oreille.

CHAPITRE IV

LES THÉORIES

Il y avait deux sortes d'appareils de laboratoire auxquels on pût être tenté d'assimiler l'oreille. Une première hypothèse l'eût comparée aux *enregistreurs*, qui reçoivent l'empreinte sonore dans son amplitude, sa périodicité et sa forme, *mais ne décomposent pas plus que nos organes des sens*. C'était déjà une raison pour approfondir cette identification. Cette conception, en effet, ne retranchait pas l'oreille de la règle commune et ne sacrifiait pas la physiologie à la physique de laboratoire. Y a-t-il dans l'œil des appareils élémentaires destinés respectivement à la perception des diverses nuances colorées, et chaque point de notre rétine est-il apte à prendre pour lui telle ou telle tonalité, à réagir exclusivement à telle périodicité de l'ébranlement lumineux ? Nous savons, au contraire, qu'un point quelconque de la rétine intéressé, dans une position déterminée de l'œil, par la lumière émanant d'un point de l'espace, peut être successivement sensible à toutes les couleurs que prendra ce point, et par conséquent réagir à toutes les périodicités que comporte l'échelle tonale comprise dans notre susceptibilité visuelle.

Y a-t-il dans notre peau autant d'organites tactiles élémentaires respectivement destinés à la perception des diverses nuances et degrés de température, par exemple ; et chaque point de notre surface tactile est-il apte à ne réagir que pour telle tonalité thermique, à n'être sensible qu'à telle périodicité de l'ébranlement calorique ? Évidemment non. Nous savons au contraire qu'un point quelconque de nos téguments percevra, dans les limites de sa sensibilité propre, toutes les périodicités de l'ébranlement calorique et que sa susceptibilité thermesthésique notera toutes les variations de température du même point au contact.

Pourquoi donc supposer *a priori* qu'il y avait dans notre oreille un grand nombre de départements élémentaires respectivement appropriés à la perception d'une seule périodicité et fermés à toutes les autres ? Et ne devions-nous pas tout d'abord considérer qu'il n'y avait pas davantage dans le limaçon de l'oreille autant de segments percepteurs distincts qu'il y a de sons différents et de périodicités sonores distinctes, et que chaque point de la papille limacéenne était apte à réagir à toutes les périodicités et à enregistrer toutes les tonalités sonores ? Cette voie était, on le reconnaîtra, la plus directement ouverte et celle que tout nous engageait à suivre.

J'y suis entré il y a plus de six ans, enfonçant sans difficultés — et sans bruit d'ailleurs — une porte largement ouverte et que personne n'a ni refermée, ni même passée depuis, bien que plusieurs auteurs aient rejeté l'hypothèse adverse. Cette seconde hypothèse faisait délibérément de l'oreille un appareil *résonateur* et lui attribuait l'aptitude à la décompo-

sition, à la déformation analytique, si visiblement refusée à tous les autres sens. Elle avait contre elle toute vraisemblance et s'opposait aux données générales de la physiologie, mais n'en était peut-être que plus séduisante et elle eut des défenseurs si illustres qu'on oublie volontiers, encore aujourd'hui, que pendant plus de deux siècles on tortura pour elle l'anatomie, la physique, l'expérimentation et la clinique. Depuis HELMHOLTZ surtout, l'enseignement classique s'est immobilisé complètement, et tout en reconnaissant l'insuffisance et l'invraisemblance flagrantes de ce transport complet de la physique des appareils de laboratoire dans la physiologie des organes, personne n'a pu se reprendre assez pour en revenir à l'autre hypothèse, qui, il faut l'avouer, ne peut opposer à tant de génies qu'une longue patience.

On a cherché le résonateur dans toutes les parties de l'oreille ; toutes y ont passé et l'on pourrait presque établir une série d'hypothèses brillantes, dont chacune démolit la précédente et se trouve à son tour démolie par la suivante. Je ne ferai pas l'historique de cette succession de théories dont la liste n'est pas arrêtée et qui n'ont pour moi d'autre intérêt que d'avoir, chacune selon ses données, montré la vanité de l'hypothèse fondamentale. Les différentes périodicités sonores ont été, suivant les auteurs, accueillies par diverses régions de l'oreille ; j'énumérerai les principales. Pour DU VERNAY (1683) et plus tard pour LE CAT (1767), les différents segments de la lame spirale osseuse vibraient en recevant sur leurs deux faces le frémissement de l'air, communiqué par le tremblement de la fenêtre ovale et de la fenêtre ronde.

On croyait alors que l'oreille interne était pleine d'air. Du Vernay a ainsi, le premier, défini la conception que nous allons voir développée par tous les physiologistes qui l'ont suivi, jusqu'à nos jours. « Enfin, cette lame (spirale osseuse) n'est pas seulement capable de recevoir les tremblements de l'air, mais sa structure doit faire penser qu'elle peut répondre à tous leurs caractères différents ; son état plus large au commencement de la première révolution qu'à l'extrémité de la dernière, où elle finit comme en pointe, et les autres parties diminuant proportionnellement de largeur, on peut dire que les parties les plus larges, pouvant être ébranlées sans que les autres le soient, ne sont capables que de frémissements plus lents, qui répondent, par conséquent, aux tons graves, etc. »

Pour Le Cat, il adoptait l'idée de du Vernay, et ajoutait : « On voit clairement que la lame spirale du limaçon est faite pour être trémoussée par l'impulsion de l'air intérieur qui l'environne. »

Nous allons voir que toutes les parties de l'oreille vont être successivement trémoussées, elles aussi, par l'imagination des auteurs, à mesure que se développeront les données anatomiques.

Pour Carus, en 1828, c'étaient les sections limitées du cône cochléaire qui accueillaient respectivement les ébranlements de périodicité définie. Dans ces hypothèses initiales, faute d'une anatomie suffisamment élucidée, la vibration par influence intéressait surtout les parties rigides. L'ébranlement aérien peut sans doute se propager à des milieux solides et les mettre en vibration ; mais la lame spirale peut-elle vraiment être regardée comme un appareil oscillant ?

Ses dimensions sont minimes par rapport aux larges ondes sonores que nous percevons ; elle est mince seulement sur son bord, mais s'épaissit immédiatement au niveau du ganglion spiral. Ses dimensions elles-mêmes varient si peu de la base au sommet qu'il semble difficile de croire ses différents segments accordés pour des périodicités qui, d'après l'échelle tonale, varient de 1 à plus de 2 000. Les différents calibres du canal cochléaire osseux ne conviennent pas davantage à la répartition des résonances correspondant aux sons que nous percevons. Et c'est une remarque que nous pouvons faire d'avance pour toutes les hypothèses qui vont suivre : *il n'y a pas de rapports entre les plus grandes des dimensions des appareils considérés comme résonateurs et la périodicité des sons les plus graves que nous percevons, ni même avec la plus grande partie des sons connus de nous* ; *il n'y a pas non plus proportionnalité entre l'échelle tonale et la série des dimensions de ces appareils, quels qu'ils soient.*

Puis, avec les progrès de l'anatomie auriculaire, on s'empresse d'abandonner les hypothèses qui attribuaient la résonance aux parties rigides et osseuses. On avait mieux sous la main. Hasse attribua la vibration par influence à la plus molle des parties molles de l'oreille, à la membrane de Corti. Mais cette hypothèse ne vécut pas. Helmholtz, en 1862, la reporta à la série si remarquable des piliers externes de l'arche de Corti, et démontra si victorieusement les propriétés vibratoires de ces délicats appareils que, sans la remarque que fit Hasse de l'absence de cet organe chez les Oiseaux, la théorie

serait aujourd'hui définitivement classique. Or, elle est passible des mêmes objections que les précédentes, — et que les suivantes, mais nous ne la discuterons pas, son auteur l'ayant abandonnée.

Mais si les Oiseaux n'avaient pas l'appareil de Corti, disposé du moins comme le nôtre, ils avaient comme nous une membrane basilaire. Or, là encore les dimensions varient selon le segment cochléaire considéré. Mais comme elle est plus large vers le sommet du limaçon qu'au niveau de la base, les sons graves sont perçus vers le sommet, les aigus à la base du limaçon. Certains faits anatomo-pathologiques ont paru capables d'accréditer cette manière de voir; Moos et Steinbrugge ont publié l'observation d'un homme qui avait perdu l'audition des sons aigus et qui présentait une lésion marquée des parties du limaçon qui avoisinent la fenêtre ronde, c'est-à-dire la base. Il existe d'autres faits. Mais il serait encore plus facile de trouver des malades présentant une surdité notable soit pour les sons aigus, soit pour les graves, et qui souffrent simplement d'affections, même passagères, de l'oreille moyenne et même simplement du conduit. Ces faits nous montrent que des lésions absolument étrangères et extérieures à la papille cochléaire peuvent s'opposer au passage des courtes périodicités en faveur des lentes, ou inversement. D'ailleurs les expérimentations de Corradi infirment nettement cette hypothèse, car des lésions produites à différents étages de la rampe cochléaire de cobayes n'ont pas déterminé de surdités partielles pour des sons de hauteur donnée.

Helmholtz avait admis que la membrane basilaire pouvait être considérée comme une série de cordes tendues dans le sens radial et formant ainsi une série de segments pouvant vibrer isolément. Nous savons d'ailleurs que quand une membrane tendue sur un cadre a une de ses dimensions beaucoup plus grande que l'autre, on peut la considérer comme simplement tendue dans le sens de sa plus petite dimension, c'est-à-dire dans ce cas, selon le sens radial. D'ailleurs, selon sa plus grande dimension, elle est tordue en spirale, ce qui exclut toute idée de tension longitudinale. La membrane basilaire n'est donc tendue que dans le sens transversal, ou radial.

J'ai fait remarquer déjà [1] qu'il n'était pas besoin d'invoquer les détails de sa structure pour confirmer cette opinion, car les cordes de Nuel qui ne sont que des épaississements dans le sens radial de la couche hyaline qui recouvre la membrane, ne dépassent guère les piliers externes, et par conséquent ne peuvent être considérées comme tendues, n'ayant qu'une seule insertion fixe.

M. E. Ter Kuile [2] me reprend sur ce point, et considère que cette partie de la membrane est au contraire tendue par les piliers internes de Corti, qui exercent une traction sur elle par l'intermédiaire des piliers externes. Mon savant contradicteur se rap-

1. De la nature des phénomènes auditifs. *Bulletin Sc. du Nord*, 1895,

2. Die richtige Bewegungsform der Membrana basilaris. *Arch. f. ges. physiol.*, 1900, p. 491.

pellera qu'il reproche lui-même à HELMHOLTZ et à EWALD de se trop servir des piliers de Corti, observant qu'ils manquent chez les Reptiles et les Oiseaux. « Das Fehlen des Corti'schen Tunnels bei den Reptilien und Vögeln ist für mich persönlich eine gründliche Verurtheilung der Wahl des Bodens desselben für die Hervorbringung der stehenden Wellen (p. 155) ». Cette raison excellente vaut pour toutes les théories.

Ces fibres, qui n'ont que des moyens de tension si précaires, n'occupent d'ailleurs que le cinquième de l'épaisseur totale de la membrane. Il est donc difficile de leur attribuer la propriété de vibrer isolément et même de vibrer n'importe comment. Elles consolident l'appareil basilaire, mais on se figure mal un instrument de musique dont la partie vibrante serait ainsi combinée.

WEINLAND, en 1894, a supposé que chaque fibre basilaire correspondait non à un son unique, mais encore à ses harmoniques et à une série de sons de même longueur d'onde. C'est assurément leur faire beaucoup d'honneur, mais l'hypothèse de la résonance est si suggestive ! BAER avait combattu cette tendance et P. MEYER remarque [1] : « En somme, cette membrane fort peu élastique, d'une épaisseur très appréciable, superficiellement striée, composée de diverses couches dont, disons-le en passant, l'épaisseur varie avec l'âge : tel est, en dernière analyse, l'appareil auquel on voudrait rapporter nos plus fines sensations auditives ». P. MEYER

1. Le labyrinthe membraneux des reptiles et des oiseaux. Baillère, édit.

diminue un peu ici les qualités d'oscillation de la membrane basilaire, et cela repose des efforts tentés par les auteurs pour la rendre plus vibrante, et d'ailleurs P. MEYER sera lui-même porté plus loin, pour les besoins de sa théorie personnelle, à comparer les cils terminaux des cellules de Corti à de véritables tiges d'acier. Mais il a, lui aussi, beaucoup à leur demander.

Mais, même en admettant que la membrane basilaire soit un merveilleux appareil vibratoire, et qu'on puisse la considérer comme réduite à une série de petites cordes isolées, de longueurs variant avec les différents niveaux de la papille spirale, et aptes à vibrer isolément, comment expliquer — 1° que de si petites cordes, surchargées d'un gros épithélium, immergées dans un liquide presque aussi dense qu'elles, puissent vibrer à l'unisson d'un trente-deux pieds d'orgue, par exemple dont nous percevons le son grave ?

2° que ces cordes, dont les longueurs varient, de la base au sommet, de 1 à 12, d'après HENSEN, puissent convenir aux périodicités de sons que nous percevons, lesquelles varient de 1 à 2000 au moins ?

Il faut bien de l'imagination pour répondre à cette double question. Ces cordes sont trop petites, et il en manque trop décidément.

Il faut donc chercher ailleurs que dans la membrane basilaire, ou abandonner l'hypothèse des résonateurs. C'est ce que ne purent faire WALDEYER et PAUL MEYER, qui transportèrent l'hypothèse jusque sur les plateaux cupulaires des cellules sensorielles de Corti, dans lesquels apparaissent les cils avec des longueurs

différentes et que les auteurs supposent capables de vibrer pour des périodicités distinctes.

Je ne puis que répéter pour cette théorie les mêmes critiques que plus haut : il n'y a pas proportionnalité entre les dimensions absolues des appareils soi-disant vibrants et le diapason de nos perceptions auriculaires ; il n'y a pas non plus proportionnalité entre l'échelle des dimensions relatives et l'échelle tonale. Remarquons en outre que ces fins pinceaux ciliaires existent dans toutes les papilles labyrinthiques et qu'ils sont formés de cils beaucoup moins rigides que n'aime à les représenter Paul Meyer. Les auteurs n'en représentent que la partie restée adhérente à la cellule sensorielle, après que la coupe en a séparé le reste, emprisonné dans la membrane de Corti. Si la coupe histologique nous les montre courts, raides, dépassant peu le rebord du plateau réticulaire, nous savons, depuis les belles recherches de Howard Ayers, qu'à l'état physiologique ils sont extrêmement longs, plongés dans la masse de la membrane de Corti, qu'ils contribuent à former, au point qu'Ayers les poursuit jusqu'à leur insertion sur la bandelette sillonnée. Il est donc difficile d'y trouver les conditions de vibrations isolées, car ils sont flexueux, forment ensemble une masse cohérente qui se séparera, au moment de la coupe histologique, de ses insertions cupulaires plutôt que de se laisser diviser ou de perdre son insertion supérieure et interne sur la protubérance de Huschke.

Hensen avait fait, sur les Mysis et les Palœmons, des expériences intéressantes au point de vue physique, mais sans aucune signification au point de vue phy-

siologique, dans lesquelles il a pu voir que certains cils caudaux vibraient sous la trépidation produite par divers sons musicaux et semblaient ainsi accordés par ces sons. J'ai montré ailleurs que les expériences de Grétry, de Minasi, de Dœhl, de Reclain, de Boys, de Dugès, de Forel et Lubbock ne pouvaient mettre en évidence que les perceptions seisesthésiques et sismesthésiques des animaux observés, et que dans bien des cas il s'agissait simplement de phénomènes purement physiques. L'audition n'a rien à voir en ces cas. L'analyse des trépidations n'est pas l'audition, et si les longueurs des formations ciliaires suffisaient à l'enregistrement des ébranlements de toute périodicité, pourquoi ce complexe appareil de formations si régulières quand une simple papille épithéliale, réalisant un complet assortiment de cils de longueurs variées, eût suffi largement?

La physiologie des appareils auriculaires des Invertébrés ne nous apprend rien sur l'audition, puisque, comme je l'ai montré il y a plus de dix ans, ces animaux n'entendent pas selon toute vraisemblance, mais se bornent à percevoir les trépidations. C'est ce que Dugès appelait *fausse audition* ; c'est à ce genre de perception que j'ai donné le nom de *fonction sismesthésique*, ou sens de la trépidation, traduit par Moos, dans l'analyse de mon travail, par *Erschütterungsinne*, et dont l'idée a été reprise deux ans après par W. Nagel dans son étude sur les sens des Insectes.

On a attribué la faculté de vibrer par influence aux cils de toutes les papilles labyrinthiques et otocystiques, et on pourrait sans inconvénient l'étendre à toutes les cellules ciliées de l'économie. Les brosses à

dents possèdent également cette propriété. Il s'agit d'un phénomène de trépidation et non de perception auditive. Quant aux cils des papilles labyrinthiques, nous savons qu'ils contribuent à former les membranes tectoriales, et en particulier celle de Corti et qu'il est véritablement impossible de retrouver dans ce feutrage compact la moindre velléité de vibration par influence.

Laissons donc de côté cette hypothèse, qui montrait l'ébranlement sonore éveillant directement la vibration par influence dans des formations diverses de l'oreille interne, lesquelles, par un prodige physiologique et anatomique, garderaient l'accord toute notre vie ! Elle n'a produit rien de satisfaisant au point de vue physiologique, tout en torturant les données physiques en les pliant de force aux nécessités d'une conformation anatomique dont on abusait d'ailleurs singulièrement.

Dès mai 1890, dans ma thèse de doctorat, j'avais directement attaqué l'hypothèse de Helmholtz, formulé les objections énoncées plus haut, ce qui ne m'avait pas empêché de tomber à mon tour dans une hypothèse que je ne défendrais plus aujourd'hui. J'avais imaginé que, selon les dimensions décroissantes de la cavité cochléaire, il se faisait en des niveaux différents du limaçon des centres d'oscillations du liquide pour des périodicités données. Je considérais chaque section transversale du limaçon osseux comme une membrane liquide accordée pour un son donné. C'était un retour bien inoffensif de l'ancienne idée de Carus, et je n'y vois plus que l'informe embryon d'une doc-

trine ultérieure par laquelle je transportais le problème du fonctionnement auditif du terrain de l'acoustique dans celui de l'*hydrodynamique*, que j'avais indiqué dès cette époque comme celui où il fallait s'engager en toute sécurité.

Nous y entrâmes simultanément, M. Hurst et moi en 1894, bien que la publication de son mémoire ait sur le mien une priorité de quelques mois. Le travail de Hurst, *A new theory of Hearing*, fut lu le 14 décembre 1894 au Royal Collège of Sciences de Dublin, mais publié seulement en décembre 1895, dans les *Transact. L'pool Biol. Soc.*, vol. IX. Je présentai ma théorie à la société de Biologie de Paris, les 2 et 23 février 1895, deux mois après sa lecture, que j'ignorais, et sans avoir pu connaître son mémoire qu'il voulut bien m'adresser en décembre de cette année. Ma théorie de l'audition, esquissée et résumée en mai 1895, dans le *Bulletin scientifique* du prof. A. Giard, ne procède donc aucunement de la sienne dont elle diffère d'ailleurs considérablement tout en cherchant dans une voie parallèle. Je reproduis ici l'exposé critique que je fis de la théorie de Hurst dans un article sur « les dernières théories de l'audition », dans les *Archives de Laryngologie et d'Otologie de Paris* (Avril 1896). « La théorie de M. Hurst inaugure une voie nouvelle et aussi une phase nouvelle dans l'évolution de la théorie physiologique de l'audition. Sans aller, comme je l'ai fait, jusqu'à chercher, dans une analogie cependant facile à établir avec les appareils enregistreurs, à définir le mode fonctionnel des tympans cochléaires, il renonce tout à fait aux

doctrines surannées qui ont si longtemps dominé en otologie, et ont fait de l'oreille un appareil de résonance. Il s'appuie simplement sur ce fait admis par KOHLRAUSCH, et d'ailleurs connu depuis SAVART, que deux ondulations séparées par un intervalle convenable de temps suffisent pour produire une sensation tonale distincte. HURST se place au point de vûe purement physique. Pour ce qui concerne le fonctionnement de l'oreille moyenne, il est très bref et sans doute incomplet. Ainsi, examinant la question qui s'est maintes fois posée, à savoir si la transmission de l'ébranlement à travers les osselets est moléculaire de « molaire », il admet le premier mode pour les ébranlements dont la longueur d'onde est plus petite que la longueur de la chaîne, et le second pour ceux dont la longueur d'onde est plus grande. Il observe, d'ailleurs, que la transmission est identique dans les deux cas, oubliant ainsi qu'il ne s'agit pas d'une transmission rectiligne, mais d'un mouvement d'oscillation angulaire pour le marteau et l'enclume, du mouvement de bielle pour l'étrier. Le problème est, en réalité, beaucoup moins simple, et quelle que soit la longueur d'onde il s'agit non d'une oscillation totale des osselets pris en bloc, mais d'une oscillation qui est dominée par les conditions mêmes de la suspension et de l'articulation de ces osselets et de la membrane tympanique. La transmission n'est donc exclusivement ni molaire ni moléculaire, ou plutôt elle n'est molaire que pour chaque article rigide considéré en particulier. Il étudie ensuite très brièvement le tassement articulaire, l'action de la résistance des ligaments et des muscles, qui fait que l'amplitude oscillatoire est moindre à la

fenêtre ovale qu'au tympan. Ce tassement apporte, selon lui, une sorte de sauvegarde pour l'oreille interne en étouffant les ébranlements trop considérables.

Pour ce qui concerne l'oreille interne, il l'assimile à une coque rigide avec deux points dépressibles, les fenêtres ronde et ovale, et remplie de liquide incompressible. La rapidité de la propagation du son dans l'eau fait admettre comme simultanés les mouvements des deux fenêtres. L'ébranlement infléchit la partie initiale de la membrane basilaire, c'est-à-dire au niveau de la base du limaçon, vers la fenêtre ronde, et cette partie basilaire oscille ainsi entre l'orifice de la rampe vestibulaire et le tympan secondaire. Cette oscillation de la base se propage jusqu'au sommet du limaçon, le liquide immédiatement voisin de la membrane se déplaçant légèrement sous l'ondulation dans le sens longitudinal. Cette onde de propagation, dont il ne trouve, dit-il, l'analogue nulle part en physique, n'est, comme je l'ai montré, que l'ondulation longitudinale qui court le long d'une corde dont l'une des extrémités est secouée transversalement. Plus l'onde s'approche du sommet du limaçon, plus le calibre de la rampe tympanique décroît en même temps que s'accroît la largeur de la basilaire. Pour Hurst cette double condition permettrait l'augmentation de l'amplitude de l'ondulation ascendante.

Arrivée au sommet lagénaire, c'est-à-dire à l'hélicotréma, l'ondulation passe sans discontinuité de la membrane basilaire à la membrane de Reissner dont Hurst ne tient guère compte dans l'ébranlement initial, mais à laquelle il fait ensuite jouer un grand rôle dans le mécanisme de l'irritation papillaire, —

et redescend vers la base. Pour HURST, il existe en un point du limaçon, à un niveau donné entre la base et le sommet, et pour un ébranlement de longueur donnée et à la condition que cette longueur corresponde aux dimensions du limaçon, une rencontre entre l'onde descendante, l'onde reissnerienne et l'onde basilaire ascendante qui la suit. Tandis que l'onde n° 1 descend, l'onde n° 2 monte, et selon la périodicité, c'est-à-dire selon l'intervalle de temps qui sépare deux ébranlements consécutifs, cette rencontre se fait plus ou moins haut vers le sommet. Les sons aigus seront donc perçus vers le sommet et les graves vers la base, ce qui est contraire à l'hypothèse classique et n'en est pas plus vraisemblable, comme nous le verrons.

Au point de la rencontre, la membrane de Reissner est déformée et avec elle la membrane de Corti, vers l'organe de Corti. Il se produit ainsi sur les terminaisons sensorielles une irritation sans doute compressive comme dans les hypothèses classiques. Les déductions de cette théorie se comprennent suffisamment, et du moment qu'on admet qu'un point donné de la papille spirale est irrité par un ébranlement de périodicité donnée, il semble que le reste de la théorie s'impose.

Or, si l'on admet ce premier point, et en supposant un son perçu à une distance *a* du sommet du limaçon, *a* représentant la demi-longueur d'ondulation membraneuse de l'ébranlement propagé, l'octave de ce son sera perçue à une distance de moitié moindre et ainsi de suite pour les sons plus aigus. La rencontre de l'octave se fera à moitié route entre le

sommet et le point de première rencontre du premier son, et de plus elle se fera de nouveau en ce dernier point. Si l'on préfère, un son dix fois plus aigu provoquera dix rencontres sur l'espace qui sépare le sommet du point où le premier est perçu.

Cette théorie nous forcerait d'admettre que le son le plus grave de notre audition est celui dont l'onde de propagation a pour longueur la double longueur de la rampe cochléaire. Mais elle admettra forcément, en outre, que, pour les autres sons, plus un son est aigu, plus il provoque de rencontres entre le sommet et la base, les ébranlements peu espacés se rencontrant plus fréquemment. De plus, un ébranlement descendant rencontrera non seulement ceux de son système tonal, mais aussi tous les ébranlements ascendants quels qu'ils soient. Tous les ébranlements, de toute périodicité, se rencontrent donc entre eux, et à des niveaux qui, s'ils sont fixés par un système tonal simple, ne le sont pas pour des combinaisons quelconques.

Hurst admet qu'un son de périodicité donnée n'intéresse qu'un point de l'appareil cochléaire, mais en réalité, d'après l'exposé même de ses théories, plus un son est aigu, et plus les rencontres ont lieu de se répéter entre la base et le sommet, plus est considérable le nombre de points de l'appareil cochléaire qui intéresse simultanément cet ébranlement ; de plus, cette théorie qui peut séduire tout d'abord quand on n'étudie que le mécanisme de la perception du son simple, ne nous explique pas ce qui se passera quand des ébranlements de périodicités, et surtout de phases différentes, se suivront et se

rencontreront. Car, je le répète, une rencontre se produit non seulement entre les ébranlements de même système, — en acceptant le théorème de Hurst, — mais telle onde ascendante qui continue sa route sur le sommet, après avoir rencontré l'onde de même système qui la précédait, peut en rencontrer cent autres de tout autre système en train de redescendre à leur tour, et ces multiples rencontres produiront des irritations cochléaires en une foule de points, mélangeant toutes les périodicités. La théorie de Hurst se combat elle-même.

Je lui reconnais cette grande supériorité sur toutes les autres d'avoir réfuté l'hypothèse de la vibration par influence, absolument néfaste pour la doctrine physiologique de l'audition, et d'avoir déterminé la production de l'onde propagée de la base au sommet. C'est évidemment dans cette voie qu'il faudra chercher et que, pour ma part, j'ai édifié ma théorie personnelle de l'audition. — Mais Hurst me semble avoir véritablement gâté sa théorie, par cette idée malheureuse qu'il fallait que la perception d'un son de hauteur donnée fût la fonction d'un point déterminé de la papille cochléaire. Cette hypothèse antiphysiologique a longtemps arrêté les théoriciens de l'audition. Cette voie est sans issue, et il est incompréhensible que tant de physiologistes s'y égarent encore. Néanmoins, nous devons nous féliciter de voir, qu'à part cette erreur, la question est cette fois posée sur son vrai terrain.

Je devrais maintenant, pour suivre l'ordre chronologique, exposer les grandes lignes de ma théorie

personnelle, mais comme cette théorie constitue une doctrine physiologique tout à fait distincte des théories communes, et pour éviter des redites, je préfère la développer isolément. C'est un droit d'auteur.

Dans son article sur l'*Audition,* publié en 1895 dans le *Dictionnaire de physiologie* de Ch. Richet, M. Gellé s'est servi de ses études sur l'empreinte du phonographe pour édifier une théorie de l'audition dans laquelle il s'éloigne de la théorie de Helmholtz sans aboutir à quoi que ce soit de précis et de défini.

Le point de départ de la dernière hypothèse[1] de l'auteur est malheureusement à mon avis une erreur d'interprétation dans l'exposé de l'inscription phonographique, erreur sur laquelle j'attirai son attention à la Société de Biologie, lorsqu'il y présenta sa théorie pour la première fois[2]. Pour M. Gellé, les empreintes que laisse le stylet dans la cire du cylindre correspondent à des vibrations *moléculaires*. Or, il est bien évident que le stylet se déplace en totalité sous l'impulsion des mouvements en totalité du centre de la membrane à laquelle il est fixé. Il s'agit d'oscillation totale, molaire, et le phonographe est exactement un appareil qui nous donne l'empreinte de l'oscillation molaire, et non moléculaire, du stylet, sous l'influence des vibrations moléculaires dont notre voix anime l'air intermédiaire. Les membranes sont des appareils qui transforment l'ébranlement moléculaire en ébranlement molaire et le

1. L'audition et ses organes. Alcan.

2. Du rôle de l'ébranlement molaire et de l'ébranlement moléculaire dans l'audition. *Société de Biol.*, 21 octobre 1898.

stylet du phonographe traduit ce dernier en empreintes définies sur la cire. HURST avait admis que la vibration totale, molaire, et la moléculaire pouvaient se confondre, étant données les minimes dimensions de l'appareil auriculaire de transmission par rapport aux longueurs d'ondes perçues par l'oreille ; il n'en est rien, car, comme je le montrerai plus loin, l'audition dépend de l'oscillation totale et non de la moléculaire. Mais la confusion de GELLÉ est plus grande, à en juger par cette citation (p. 189).

« Mais pourquoi chercher bien loin l'explication qu'on a sous les yeux? Voyez le phonographe dont le stylet est indiscutablement l'analogue de la chaîne des osselets et le disque celui du tympan.

« Pour qui sait lire les tracés, il est hors de doute que les mouvements de vibrations moléculaires sont transmis intégralement par l'appareil inscripteur.

« On les retrouve sur la cire inscrites dans la période, très apparentes suivant la hauteur, le timbre et l'intensité, plus caractérisées dans le chant, mais toujours distinctes ; certes, on ne peut nier les mouvements périodiques de translation, mais ils se fondent avec les vibrations moléculaires et ne deviennent très appréciables que dans les *forte* excessifs et les bruits violents.

« Du moment que l'on reconnaît sur les graphiques les vibrations partielles et les ondes, il n'est plus permis de douter de leur existence dans le milieu labyrinthique et de leur passage sur la platine de l'étrier ; à mon sens, la démonstration est complète[1]. »

1. De même, p. 71, à propos des flammes manométriques

Les accidents de forme d'un ébranlement complexe, les détails de sa forme ne sont pas des vibrations moléculaires. L'oscillation totale du stylet peut être tout aussi irrégulière que l'on voudra, les empreintes ne seront pas des empreintes de vibrations moléculaires. La qualité idéale du stylet inscripteur, pour le phonographe comme pour le sphygmographe, est de ne pas trembler, de ne pas osciller, de ne pas vibrer pour son compte. Sans doute la vibration moléculaire le traverse, puisqu'il est un milieu conducteur du son, mais c'est son oscillation totale qui se marque sur la cire.

M. Gellé, qui avec une bienveillance dont je lui suis reconnaissant, me cite fréquemment au cours de son exposé, ne le fait pas toujours bien exactement et il est des points où cependant ma pensée s'exprimait sans ambiguïté. Il dit par exemple (page 232) :

« Comme Weber et Helmholtz, Bonnier, à l'opposé de Hurst, admet le passage, d'un bloc, de l'onde sonore sur l'appareil des osselets, et un mouvement, un déplacement d'une seule volée pour la platine de l'étrier. L'ébranlement moléculaire ne franchit pas la platine, suivant lui (Oreille, Physiol., p. 101). » De même, page 258.

Comme Weber, Helmholtz et Hurst, j'admets au contraire que l'ébranlement passe à travers la chaîne des osselets, comme tout mouvement peut se transmettre à travers une série de leviers articulés, c'est-

de Kœnig : « Les éléments partiels, les *vibrations moléculaires*, sont indiqués avec une plus grande fidélité au point de vue de leur nombre, de leur forme... dans le phonogramme.

à-dire en les faisant jouer l'un après l'autre; c'est tout le contraire d'un passage en bloc. Quant à dire que l'ébranlement moléculaire ne franchit pas la platine, jamais cela ne m'est venu à l'esprit. Voici, qu'on me le permette, ce que je copie à la page indiquée de mon livre :

« Nous pouvons admettre que l'ébranlement moléculaire, c'est-à-dire la conduction sonore, d'une part, et l'ébranlement total des milieux suspendus, c'est-à-dire une autre force dérivée de la première, *s'adressent concurremment* à la papille sensorielle. Quelle est la force utile ? quel est l'agent physiologique ?

« Nous avons vu qu'aucune des parties inertes de l'oreille interne ne pouvait utiliser physiologiquement l'ébranlement sonore lui-même, *que le travail que produit celui-ci est très inférieur* à celui que réalise l'autre ébranlement, tandis que ce dernier influencera forcément, sinon acoustiquement, au moins de façon hydrodynamique, les papilles baignées par les liquides cochléaires.

« La clinique nous montre d'autre part que, quelle que soit la lésion de l'appareil de transmission, *l'ébranlement sonore peut toujours traverser les milieux auriculaires* et que si c'était lui qui intervînt pour irriter les terminaisons sensorielles, l'audition persisterait. Au contraire, l'audition souffre de tout obstacle à l'oscillation en totalité d'une quelconque des parties de l'appareil auriculaire, et il suffira de la moindre lésion, qui, sans aucune action sur la transmission acoustique, pourra gêner l'oscillation d'un point quelconque de la série des milieux auriculaires, pour altérer et même supprimer l'audition. »

Comme je l'ai dit dans un autre travail, cité par Gellé, l'ébranlement moléculaire circule dans l'oreille comme la chaleur du foyer circule dans toute la machine à vapeur, mais ce n'est pas plus l'ébranlement moléculaire qui intervient directement dans l'audition que ce n'est la chaleur qui fait tourner la roue en l'échauffant. Les deux forces donnent naissance à des forces dérivées d'elles, sans doute, mais capables de produire un travail bien autrement utile ; dans un cas, la chaleur donne naissance à la vapeur qui agit par sa formidable pression ; dans l'autre, l'ébranlement moléculaire donne naissance à un ébranlement en totalité infiniment plus puissant.

« Nous avons expérimentalement montré, dit Gellé, (p. 232) au moyen de l'analyse des graphiques du phonographe que cette propagation des vibrations moléculaires existe ; — (elle existe sans aucun doute, mais ce n'est pas le phonographe qui le démontre) — et nous ajouterons que l'observation clinique en donne une démonstration précieuse ; car, dans les cas où la platine de l'étrier a été immobilisée à la suite de maladie, par sa soudure au cadre de la fenêtre ovale, l'audition bien qu'affaiblie est loin d'être impossible, tant que le tympan transmet les vibrations ; elle dure fort longtemps malgré cette lésion qui, d'après ces physiologistes, doit anéantir la fonction. »

Il est hors de doute qu'un étrier soudé ne laisse guère passer que l'ébranlement moléculaire et personne n'a jamais songé à le nier. Il est d'autre part aisé de comprendre que dans ce cas l'oscillation totale du tympan, des osselets, n'est plus en cause dans le mécanisme de l'audition, cela va sans dire ;

mais cela n'empêche en aucune façon les parties situées en deçà de l'étrier de se prêter à la production de l'ébranlement total du liquide et des tympans membraneux et papilles épithéliales du limaçon, tant que le liquide trouvera des voies d'échappement du côté de la fenêtre ronde ou des aqueducs. Bien des cas de paracousie de Weber ne s'expliqueraient pas autrement. Gellé s'appuie encore sur l'expérience du phonendoscope, où il trouve « l'audition entière, excellente, sans autre transmission possible que la moléculaire évidemment ».

Ce qui est évident, c'est que là encore Gellé considère la tigelle et la plaque du phonendoscope comme animées de vibrations purement moléculaires. Gellé ne formule aucune théorie définie sur le mode d'excitation de la papille auditive. Il admet cependant aussi que les sons graves et les aigus sont perçus en des points différents.

J.-R. Ewald, en mai 1898, avait esquissé une théorie nouvelle de l'audition qu'il a publiée en la développant complètement dans le numéro de juin 1899 de *Archiv f. d. ges. Physiologie de Pfluger*. Ewald n'a encore connu, bien évidemment, ni la théorie d'Hurst, ni la mienne et il attaque lui aussi la théorie de la résonance, mais à des points de vue tout différents, que je n'ai pas ici la latitude d'énumérer. Sa théorie repose sur l'expérience suivante : Si l'on tend une membrane de caoutchouc sur un petit cadre allongé, dont une dimension l'emporte beaucoup sur l'autre, comme c'est le cas pour la basilaire et que l'on fasse reluire la membrane avec un peu d'huile, dès qu'on

y applique un diapason, il apparaît sur toute la surface une image remarquable formée d'ondes fixes.

C'est une dérivation intéressante du dispositif de Chladni. Il apparaît sur la membrane luisante une série d'ombres espacées régulièrement, et dont la distribution varie suivant les diapasons. Remarquons que la membrane d'Ewald a 15 centimètres de longueur sur 6 de largeur, ce qui nous met loin des dimensions de la zona arcuata de la basilaire. Ewald admet donc que la membrane décompose les sons et sa théorie rentre dans la série qui fait suite à celle de Helmholtz et je citerai l'une de ses conclusions (p. 180).

« Im Ohre erzeugen die durch den Schall hervorgebrachten Impulse auf der Grundmembran ein Wellenbild (Schallbild), dessen specielle Form die Grundmembran befähigt, ein Glied zu bilden in die Kette von Uebertragungsapparaten, welche zwischen Schall und Schallempfindung vermitteln. Dies ist das Grundprincip der Schallbilder-Théorie. Nicht mehr und nicht weniger. »

Sans procéder de cette théorie des ondes fixes d'Ewald, qu'il semble ignorer, A. Gray, dans une séance de la *Britisch Association f. the Advanc. of Science,* tenue à Douvres, en septembre 1899, formule une hypothèse qui s'en rapproche dans sa note *On a modification of the Helmholtz theory of hearing.* Ce n'est plus, en effet, une fibre de la basilaire, ou même quelques fibres voisines qui vibrent pour un son de périodicité définie, c'est toute une région de la membrane qui est intéressée, mais il est un point *of maximum amplitude,* qui détermine la

sensation précise du son donné. Il admet lui aussi que l'irritation papillaire s'effectue par la compression de l'appareil ciliaire contre la membrane tectoriale de Corti. Il a observé que la basilaire est d'une structure de plus en plus fibreuse, de plus en plus forte du sommet à la base. C'est pour lui un argument de plus en faveur de la théorie de HELMHOLTZ, à laquelle il apporte l'appoint intéressant d'une considération intermédiaire entre la théorie de HELMHOLTZ et celle d'EWALD, à savoir qu'il s'agit, comme dans cette dernière, du soulèvement d'une région entière de la basilaire sous l'influence de la vibration, bien que ce soulèvement ne corresponde pas à une onde fixe, mais dont le sommet, l'amplitude maxima est le point qui joue le même rôle que l'unique fibre basilaire intéressée dans l'hypothèse de HELMHOLTZ.

Je discuterai davantage la théorie plus récente de E. TER KUILE, publiée l'année dernière 1900, dans les *Arch. de Pfluger*.

Dans un premier travail, *Die Uebertragung der Energie von der Grundmembran auf die Haarzellen,* il s'élève contre l'hypothèse de HENSEN et de HELMHOLTZ, d'après laquelle l'irritation cellulaire de l'appareil de Corti se produisait par une poussée de cet appareil contre la membrane de Corti. C'est par l'intermédiaire des tractions exercées par le pilier externe que la membrane réticulaire, avec les cellules ciliées, suit les déplacements de la membrane basilaire; TER KUILE admet donc que l'appareil de Corti oscille avec la basilaire sous l'action de la poussée liquide, comme je l'ai indiqué depuis plusieurs années, et son

hypothèse formulée cinq ans après la mienne la rappelle en beaucoup de points (p. 154).

« Ich selbst vermuthe, das der spiralige Faden weniger als Nerv wie als Auslaüfer der Härchen der Haarzellen angesehen werden muss. Bei der durch die Verschiebung der Membrana reticularis erfolgenden Hin-und Herzerrung der Härchen würde der Faden *angezozen* und wieder *relaxirt* werden ; hierdurch würde der Theil innerhalb des Spiralfadens rythmisch zusammengedrückt werden ; dieser Theil möchte mit dem Nerv in Verbindung stehen. In der That würde dann wieder die Gehörserregung eine der Tasterregung analoge sein, was jedenfalls ein nicht unwillkommenes Ergebniss wäre. — Die hin-und hergehende Bewegung der Härchen stimmt zweifelsohne schöner mit dem spiraligen Faden als das bis jetzt vermuthete Anstossen gegen die Deckmembran. »

Dans mon livre sur l'*Oreille*, vol. II., p. 220, je disais en 1896 : « A chaque passage de la phase positive le plateau basilaire s'abaisse et s'il s'abaisse trop le chevelu ciliaire qui forme la membrane de Corti se trouve arrêté par les dents de Huschke et exerce une traction sur les cellules.

« Si l'on examine ces cellules de Corti, on voit que les cils descendent dans leur cupule et vont s'insérer ou s'enrouler autour d'un corpuscule rond décrit par Hensen. C'est sans doute à ce niveau qui se fait sentir la traction exercée par les cils ; et nous remarquerons que le corps de Hensen semble uni au noyau du fond de la cellule par de fins tractus. Ce dispositif convient parfaitement à un élément particulièrement adapté à l'irritation par tiraillement (*Herzer-*

rung) plutôt que par compression (*Anstossen*). L'irritation provoquée dans le corps cellulaire par ce tiraillement est secondairement perçu par les digitations extrêmes de la cellule nerveuse de ganglion spiral. » Citant ma note à la *Société de Biologie* (23 février 1895). Ter Kuile s'étonne que je considère comme positive la période de refoulement de la basilaire vers la rampe tympanique. Il a remarqué lui-même cependant, p. 150, que le limaçon n'est pas placé, *in natura*, comme on le représente, c'est-à-dire dans le sens horizontal ; n'est-il pas plus régulier d'appeler positive la phase papillaire correspondant à la phase positive de l'ébranlement, c'est-à-dire à la poussée, à l'entrée de la pression exercée sur le liquide labyrinthique par l'étrier, que d'appeler, comme d'habitude, positive la phase d'élévation de la courbe au-dessus de l'horizontale, qui, dans ce cas, n'a qu'une raison d'être toute conventionnelle.

J'ai rappelé plus haut que Ter Kuile, tout en reprochant à Helmholtz et à Ewald de donner trop d'importance aux piliers de Corti, qui manquent chez les Reptiles et les Oiseaux (p. 155), leur fait jouer également un rôle de première importance dans sa théorie de la tension de la membrane basilaire « Diese (die innere Pfeiler) greifen die Grundmembran durch die Vermittlung der äusseren Pfeiler gerade da an, wo Herr Bonnier es nöthig urtheilt, nämlich an der letzteren Fusspunkte » (p. 491. *Die richtige Bewegungsform der Membrana basilaris*). — L'objection de Ter Kuile, excellente pour Helmholtz et Ewald, vaut aussi pour son hypothèse, et je me garderai de la combattre.

Tandis qu'Ewald se contentait pour sa théorie de la *zona arcuata*, placée entre les pieds de l'arche de Corti, Ter Kuile prend pour la sienne la *zona pectinata*, l'autre partie de la basilaire.

Sans doute la basilaire ne varie dans ses dimensions que de 1 à 12, tandis que la *zona pectinata* varie de 1 à 20 de la base au sommet, mais tout cela nous isse encore bien loin des périodicités vibratoires corspondantes de notre audition, qui varient, nous vons vu, au moins de 1 à 2 000.

Je crois bien avoir été le premier à montrer que s la mécanique auriculaire la transmission molé-ire ne jouait aucun rôle direct dans l'audition et q l'ébranlement moléculaire, la conduction sonore, t ersait les milieux aériens, solides et liquides de l' ille comme la chaleur du foyer s'épand à travers le ilieux d'une machine. Ce n'est pas parce que la m ine s'échauffe qu'elle marche ; ce n'est pas parce qu oreille devient sonore qu'elle entend. J'ai cherché à é blir qu'il fallait ne considérer que l'ébranlement tot des milieux auriculaires, la mise en oscillation d milieux suspendus, chacune selon sa liberté d rtie propre et sa forme de suspension. Sans te Helmholtz, comme le rappelle Ter Kuile, ait vu l'oscillation totale, le recul du liquide dans la fenêtre ronde, la transformation, au niveau des osselets, du mouvement de plus grande amplitude et de moindre force en un mouvement de moindre am-itude et de plus grande force, etc. Mais sa théorie a résonance par influence des cordes de la mem-e basilaire repose tout entière sur la vibration ement moléculaire, sur des phénomènes d'ordre

purement acoustiques là où j'ai introduit exclusivement l'hydrodynamique et la considération exclusive de l'inertie de la papille basilaire suspendue par sa membrane.

J'ai dit ailleurs et à plusieurs reprises ce que je pensais de l'influence de HELMHOLTZ de la physiologie auriculaire, et je ne pense pas, comme TER KUILE : « Was ist es, das in diesen Sachen nicht mit ihm aufängt und mit ihm abgeschlossen wird? ».

M. TER KUILE rappelle la définition mécanique du rôle des osselets formulée par HELMHOLTZ et que je résume plus haut, et il ajoute : (p. 493).

Die mechanische Aufgabe des Trommelhöhlenapparats ist, die Molecularbewegung der Luft im äusseren Gehörgang zu verwandeln in eine Massalbewegung des Labyrinthwassers. Die Amplitudenverkleinerung und Kraftvergrösserung erscheinen dann als nothwendige Mittel, um dieses Ziel ju erreichen. Innerhalb des Gehörorgans kann nicht mehr von Schall die Rede sein. Das Trommelfell bildet die Grenze zwischen Schall und Nichtschall. Das Gehörorgan (und um so weniger die Schnecke) dient nicht, um den Schall zu resoniren, sondern um denselben zu tödten, das heisst in Energie einer anderen Sorte umzusetzen. Die Schallenergie wird nicht unmiltelbar, sondern längs des Zwischengliedes der mechanischen und hydraulischen Massalbewegung der Trommelhöhlenapparats, des Labyrinthwassers und des Corti'schen Apparats in Nervenergie übergeführt ».

Dans une note « *sur l'inertie des milieux auriculaires* » à la *Société de Biologie*, 2 fév. 1895,

j'avais étendu cette même formule en la précisant d'ailleurs davantage, à tous les milieux suspendus de l'oreille. Je me permets de rappeler ces dates parce qu'elles me facilitent l'historique de cette théorie.

« L'ébranlement sonore sollicite de deux façons les milieux gazeux, solides et liquides de l'oreille, car ces milieux, d'une part, sont conducteurs de l'ondulation propagée, et d'autre part, ils sont suffisamment suspendus et libres d'osciller en totalité, pour qu'à côté de l'inertie moléculaire on doive considérer l'inertie totale des milieux oscillants en bloc. On comprend que dans ces deux cas la formule du travail prend des valeurs tout à fait différentes.

.... « Si faible que soit le travail produit par l'ébranlement sonore dans sa sollicitation de l'inertie moléculaire, ce travail peut se traduire par des effets considérables, à la condition de solliciter progressivement l'inertie totale de la masse influencée.....

..... En fait la vibration par influence directe de l'ébranlement sonore n'est admissible, au point de vue du travail physiologique, pour aucun des éléments papillaires, et celui-ci traverse les milieux auriculaires sans y produire d'effet direct.

« Les phénomènes sensoriels de l'oreille interne ne sont pas d'ordre acoustique, pas plus que la mise en mouvement d'une machine à vapeur n'est d'ordre thermique. Il y a dans les deux ordres de phénomènes une transformation dans la nature de la force qui en permet l'emploi d'une façon plus efficace.

Et après avoir montré cette transformation au niveau non pas seulement de la caisse et des osselets, mais de tous les milieux auriculaires, après avoir

montré, comme le verra plus tard Ter Kuile, que l'ébranlement du liquide limacéen et des membranes et papilles qu'il baigne, ne se fait qu'au voisinage de la base et non dans la hauteur du cône cochléaire, j'ajoutais :

« En résumé, le travail produit, grâce à la solidarité de l'inertie totale des milieux auriculaires suspendus, est égal à la *moitié du produit de la masse totale du milieu oscillant*, c'est-à-dire de la somme de toutes les masses moléculaires — oscillant solidairement — par le *carré de la vitesse d'oscillation totale*, oscillation dont l'amplitude, et par conséquent la vitesse, pour une intensité et une périodicité données, sont de beaucoup supérieures à l'amplitude et à la vitesse des oscillations moléculaires provoquées par le passage de l'ébranlement sonore. Ces phénomènes auditifs et autres de l'oreille interne ne relèvent donc pas de l'acoustique, mais de l'*hydrodynamique*, car ils sont provoqués par l'oscillation d'un liquide dans un récipient de forme définie. »

Toutes mes publications ultérieures ont développé cette idée de 1895, que reprend moins catégoriquement Ter Kuile, à savoir que l'oreille est une machine qui fait de l'ébranlement molaire avec de l'ébranlement moléculaire.

Comme moi Ter Kuile localise à la base du limaçon le mouvement du liquide cochléaire ; mais la suite de sa théorie diffère de la mienne, que j'exposerai plus loin. Pour lui l'onde condensante refoule les tympans reissnerien et basilaire, et avec eux la papille elle-même. Mais le déplacement du liquide se propage aux régions voisines de cette base et cette pro-

pagation s'étend jusqu'au moment où le retrait de l'étrier, c'est-à-dire la phase négative de l'ébranlement, rappelle le liquide en sens inverse. Il en résulte que selon la périodicité de l'ébranlement, cette propagation s'étend plus ou moins loin à partir de la base. C'est ce « plus ou moins loin » qui fixe la perception tonale (p. 504). »

« Ein Ton von bestimmter Höhe entfaltet in der Schnecke zwei Eigenschaften :

1° Er erregt die ihm eigenthümliche Strecke, d. h. die Haarzellen distalwärts bis zu einem bestimmten Punkt ;

2° Er erregt eine gewisse Anzahl Haarzellen mit der ihm eigenen Frequenzzahl pro secunde.

Daher könnte die Tonhöhe bestimmt werden :

a) durch die Ausdehunng der erregten Strecke

b) durch die Frequenz der Erregung

c) durch die Ausbreitung + Frequenz,

et il conclut définitivement (p. 507) : « Nach meiner Theorie ist das Hören einer bestimmten Tonhöre = das Erregtwerden der Haarzellen distalwärts bis zu einem bestimmten Punkt. »

On voit qu'il devient de plus en plus difficile désormais de chercher de nouvelles et originales applications de la distribution des périodicités à des régions définies d'appareils récepteurs. Cette dernière hypothèse de Ter Kuile aura le sort des autres.

Elle est marquée, malgré sa délicatesse et ses qualités, du sceau fatal de l'erreur physiologique initiale. L'oreille n'est pas un appareil à distribution acoustique, offrant des zones diverses à des sonorités diverses ; elle n'est pas un appareil sensoriel absolu-

ment différent des autres formations sensorielles, filles comme elle du tact primordial. Un point quelconque de la papille auditive est accessible à toutes les sonorités, comme un point quelconque de la rétine l'est à toutes les couleurs, comme un point de la peau à toutes les températures. La forme spéciale du limaçon, qui offre à la papille basilaire et à ses membranes le minimum de tension longitudinale, et par conséquent la plus grande liberté d'inertie et de suspension dans ce sens — et les dimensions appropriées des parties de l'appareil basilaire ont réellement hypnotisé les auteurs en les fixant dans une recherche forcément stérile et décevante.

P. Zimmermann, de Dresde (*Ann. des mal. de l'Oreille,* fév. 1900) dans un article sur la *Physiologie de l'organe de l'ouïe,* a été plus loin que Gellé, qui considère comme moléculaire l'empreinte phonographique et lui assimile l'empreinte auditive ; plus loin que Hurst, qui admet que dans l'oreille il est inutile de distinguer la transmission moléculaire de l'oscillation molaire ; lui, nie cette dernière et attribue tout le mécanisme à la sollicitation moléculaire seule.

« Ni la membrane tympanique, ni la chaîne des osselets n'ont rien à voir avec la conduction proprement dite du son. Quand la transmission du son s'effectue normalement, la partie médiane du tympan et la chaîne des osselets conservent une immobilité presque complète et la membrane tympanique laisse seulement filtrer, selon la disposition de ses molécules, les ondes aériennes partant du conduit auditif externe, pour gagner l'oreille moyenne où elles ren-

contrent la surface large du promontoire et se propagent à la capsule labyrinthique directement sous-jacente et à son contenu .»

Zimmermann n'admet pas l'oscillation totale du tympan : cette membrane serait ainsi, on ne sait trop pourquoi, la seule membrane qui ne transformerait pas une oscillations moléculaire en oscillation totale de sa partie moyenne, la plus libre. L'auteur pensait-il donc, lui aussi, que dans le phonographe, par exemple, la membrane laisse simplement filtrer selon la disposition de ses molécules, l'ébranlement aérien, et que le stylet inscripteur ne grave sur la cire que le produit de cette filtration transmoléculaire? Nous avons vu plus haut, au début de cette étude, combien la notion de forme de l'ébranlement avait été sacrifiée à la notion de composition des périodicités; nous voyons maintenant que la notion si utile pourtant et si évidente de variation de pression est totalement omise.

Bien plus, d'après Zimmermann, « la transmission moléculaire des ondes sonores par la chaîne des osselets jusqu'à la fenêtre ovale est impossible en raison de la construction essentielle de la chaîne ». Nous voyons donc, derrière une membrane qui ne peut osciller en totalité, comme le font toutes les membranes, une série de corps solides qui ne peuvent transmettre moléculairement le son, comme le font tous les corps solides. Voilà bien des exceptions aux lois physiques pour établir une doctrine physiologique.

Le tympan ne sert plus qu'à protéger l'oreille moyenne et à la tenir au chaud ; la chaîne ne sert plus qu'à compenser les pressions exagérées. Zimmermann esquisse une partie de la théorie de la compen-

sation labyrinthique que j'ai développée ailleurs [1], comme il reprendra plus loin la critique que j'ai faite autrefois de l'épreuve de RINNE, à plusieurs reprises cependant et même dans des congrès internationaux.

Pour ZIMMERMANN, une seule voie conduit le son au labyrinthe : la conduction osseuse. Il admet d'ailleurs lui aussi que les sons graves sont perçus par les fibres longues, et les sons aigus par les courtes.

Sa théorie s'accorde mal avec les faits de paracousie que nous connaissons. On sait que dans beaucoup d'affections de l'appareil de transmission, tandis que l'audition aérienne est diminuée, l'audition par contact est augmentée. Pour l'auteur, ce fait est dû à ce que « la fixation ou la destruction de la chaîne des osselets empêche l'accommodation et par suite les oscillations imprimées aux os par le diapason peuvent faire vibrer d'une façon prolongée et plus violente les fibres dans l'appareil terminal. » Cette accommodation dont parle l'auteur consiste dans le jeu des muscles de la chaîne, dont l'action combinée maintient le liquide labyrinthique hors de la portée des sollicitations trop fortes. On s'explique mal ce que peut faire cette accommodation en matière d'ébranlement purement moléculaire. Un liquide sous pression n'en est pas moins bon conducteur du son et tend à se rapprocher d'un solide ; la membrane de la fenêtre ronde laissera également filtrer les vibrations moléculaires, qu'elle soit tendue ou non ; cette

1. Fonctions tubo-tympaniques. *Société de biol.*, 1892 ; — Vertige, 1893 ; — Réflexes auriculaires, 1894 ; — L'oreille, vol. II, 1896, etc.

accommodation ne peut intervenir que dans le cas d'oscillation en masse de liquide interposant son action frénatrice, comme je l'ai montré il y a plusieurs années ; une oreille sclérosée doit mieux conduire le son qu'une oreille souple, d'où vient qu'elle n'entend plus ? Si la conduction osseuse est la seule voie de pénétration de l'ébranlement sonore à la papille auditive, une oreille calcifiée doit être la meilleure... ?

Car cette oscillation des fibres labyrinthiques dont parle l'auteur (p. 126), je suppose que c'est aussi une oscillation purement moléculaire et non une oscillation dans le genre de celles auxquelles se livrent habituellement les cordes de tout genre, c'est-à-dire une oscillation totale des parties libres ?

MÉCANISME DE LA TRANSMISSION

La théorie de l'audition que je vais exposer date de 1895 et n'a subi depuis aucune modification [1]. Elle s'écarte en plusieurs points des sentiers battus jusqu'ici par les physiologistes. Tout d'abord, tandis que tous les auteurs, jusqu'à Hurst et moi, assimilaient l'oreille à un *résonateur*, je la comparais à un *enregistreur*. Tandis, d'autre part, que tous les auteurs, sauf Hurst et moi, cherchaient dans les données acoustiques de conduction moléculaire, nous transpor-

1. Sur l'inertie des milieux auriculaires. Le limaçon membraneux considéré comme appareil enregistreur. *Société de biol.*, 23 février 1895. De la nature des phénomènes auditifs. *Bulletin scientifique* de Giard, mai 1895, etc.

tions, comme je l'avais indiqué dès 1890, la question sur le terrain de l'*hydrodynamique*. Tandis que tous ne voyaient que l'ébranlement moléculaire ou le confondaient avec l'ébranlement molaire, je montrais que ce dernier seul intervenait dans l'irritation auditive et que l'autre y passait indifférent. Tandis que tous les auteurs attribuaient aux diverses périodicités des lieux de perception distincts dans telle ou telle partie de l'oreille, je niais absolument cette distribution sensorielle et prétendais que, pour l'oreille comme pour tous les autres sens, chaque point de la papille percevait tous les degrés de l'échelle tonale. Enfin je donnais du mécanisme de l'irritation papillaire une théorie tout à fait différente des autres théories, aussi bien pour le fonctionnement de la papille basilaire elle-même que pour celui des cellules sensorielles.

Ces divers points font à ma théorie une place forcément à part dans le courant des idées classiques et l'exposé que j'ai succinctement donné des théories postérieures à la mienne montre combien il sera difficile aux chercheurs de se détacher, d'ici longtemps, des anciennes manières de voir. Néanmoins, depuis ces cinq années, rien ne m'a encore fait penser que j'aie eu tort de quitter la grande route, ou plutôt la route la plus fréquentée ; loin de là, à part quelques détails que l'avenir modifiera sans doute, j'ai gardé la conviction qu'il fallait rompre avec les doctrines stérilisées d'avance par leur point de départ antiphysiologique, que j'avais bien fait de me créer une voie au dehors et de faire rentrer la physiologie de l'oreille dans les données de la physiologie générale.

Un ébranlement d'une intensité, d'une périodicité et d'une forme données prend naissance dans l'espace qui nous entoure. Nous savons que cela veut dire qu'en un point de cet espace se produit une variation périodique de pression d'une certaine amplitude, d'une certaine rapidité et d'une certaine forme.

Cette variation de pression, — c'est-à-dire une augmentation de pression, puis une diminution de pression alternant et dépassant dans les deux sens d'une quantité égale le niveau d'équilibre moléculaire, — se transmet de proche en proche, de molécule en molécule à travers le milieu ambiant. Ce milieu étant fluide, son élasticité moléculaire permet à la propagation moins de vitesse que s'il était solide, mais en revanche elle lui assure une plasticité plus grande.

Sur un point quelconque de cette propagation se succèdent régulièrement une condensation intermoléculaire avec augmentation de pression et une raréfaction, une dispersion avec dépression.

Selon la force de l'ébranlement, la variation est plus ou moins grande et l'écart au-dessus et au-dessous du niveau d'équilibre intermoléculaire mesure plus ou moins d'amplitude, c'est-à-dire, la pression et la dépression sont plus ou moins fortes.

Selon la *rapidité* de la variation, le temps qui s'écoule entre deux moments identiques de la variation est plus ou moins court; c'est la longueur d'onde.

Selon la *forme* de l'ébranlement, la variation est plus ou moins régulière ou accidentée.

Cet ébranlement, circulant à travers l'air, arrive au voisinage de l'oreille. Il n'est ici question que de la

sollicitation successive de l'inertie des molécules aériennes; c'est l'élasticité intermoléculaire qui est en jeu et il n'y a aucun transport de la masse aérienne en aucun point.

Au-devant de cet ébranlement qui anime de proche en proche la masse aérienne de sollicitations purement moléculaires, l'oreille présente une masse d'air circonscrite et particulière dans sa forme. C'est la colonne d'air qui repose en dedans sur le tympan membraneux et dépressible, enfermée dans la cavité allongée et aux parois inextensibles du conduit auriculaire, s'évasant en entonnoir au niveau de la conque et se laissant retenir par les sillons et les saillies du pavillon qui prolongent la masse aérienne auriculaire au sein de l'air ambiant. Cet air retenu par le pavillon est donc offert aux sollicitations qui animent le milieu extérieur. Il faut, en effet, considérer dans l'oreille externe non pas tant le contenant, c'est-à-dire le pavillon, la conque, le conduit et le tympan, que le contenu, c'est-à-dire la colonne d'air, d'une forme définie, qui s'étend des sinuosités du pavillon au tympan.

Ces rapports du contenant et du contenu aérien sont tels que la masse d'air fixée par tout cet appareil de prolongement aérien est encore relativement libre au niveau du pavillon, presque aussi libre que l'air ambiant, déjà plus contenu et maintenu au niveau du tragus et de la conque, plus encore au méat, et d'autant moins libre à mesure qu'on s'enfonce dans le conduit et qu'on gagne le voisinage du tympan.

On peut donc dire que l'oreille externe est un appareil qui saisit d'abord assez lâchement, mais

bientôt de plus en plus étroitement, une partie du milieu aérien mis en ébranlement. Je laisse de côté, l'ayant étudié ailleurs, le côté de défense et de protection du pavillon et du conduit, ne devant m'occuper ici que de l'audition.

Comment se comporte cette masse d'air ainsi emprisonnée sous le passage de l'ébranlement ?

Dans ses parties externes, tout se passe à peu près comme si la masse d'air était libre, c'est-à-dire que l'ébranlement reste purement moléculaire comme dans l'espace extérieur. Cependant, au voisinage des parois auriculaires, il se produit des réflexions d'abord, puis le passage de l'ébranlement du milieu fluide dans un milieu solide, puis une modification mal définie dans le travail produit dans ces conditions particulières de voisinage d'un milieu différent de la masse aérienne et offrant une résistance effective à l'expansion de l'onde moléculairement transmise. Cherchons à nous en rendre compte par analogie.

A la surface d'une masse fluide, la mer, par exemple, circulent des ondulations. Là où il y a une certaine profondeur, il se produit de la houle, c'est-à-dire de l'ondulation simple sans transport de la masse d'eau dans le sens de la propagation ; mais quand cette ondulation gagne les points de moindre profondeur, sur le sable du rivage, la pente du terrain solide fait l'effet d'une paroi de plus en plus gênante pour l'expansion ondulatoire et l'onde se soulève en vague, qui se dresse, s'enroule et tombe avec bruit, produisant, en un mot, un travail bien plus considérable que quand elle circulait à la surface de la mer profonde. C'est évidemment la rencontre d'une paroi qui

détermine cette modification sensible dans la tenue de l'ondulation.

Supposons maintenant que cette gêne apportée à la liberté de l'ondulation, au lieu d'être due simplement à une paroi inférieure comme dans le cas du sable de la grève ou d'un banc, lui soit apportée en même temps par des obstacles verticaux, comme dans le cas d'une excavation dans une falaise ou contre un rocher ; la vague dans ces conditions se dresse de toute sa hauteur, déployant une sorte de rage agressive contre l'obstacle qui gêne trop vivement l'expansion ondulatoire.

Or, il s'agissait bien ici d'une ondulation superficielle de la masse liquide et non d'un transport en totalité de cette masse d'eau.

Dans le cas d'un courant, l'eau précipite sa course au niveau des étranglements, écume, bouillonne et se tord, mais ne se dresse jamais comme dans le cas de l'ondulation simple. Il a suffi d'une gêne apportée à l'expansion ondulatoire, pour modifier la sollicitation de l'élasticité moléculaire de la masse fluide et en faire la sollicitation directe de cette masse elle-même. Ce qui n'était qu'ondulation devient poussée violente de la masse d'eau gênée dans son expansion ondulatoire et cette poussée se traduit, d'une part, par un heurt violent contre l'obstacle résistant, c'est-à-dire la grève qui est creusée, entamée si elle est de sable, et dont les galets roulent sous le flot si c'est une plage de galets, et, d'autre part, par un heurt non moins violent dans le sens de l'air libre qui, lui, ne résiste pas, et dans lequel la vague dresse sa masse écumeuse en toute liberté.

Donc, l'obstacle à l'expansion ondulatoire d'une masse fluide au contact d'une paroi détermine une poussée immédiate de cette masse contre cette paroi, c'est-à-dire une augmentation très sensible et en quelque sorte disproportionnée de sa pression.

Dans la phase de dépression l'inverse se produit, et nous pouvons admettre que l'*opposition d'une paroi transforme les faibles variations de pression qui caractérisent l'ondulation transmoléculaire en des variations extrêmes de pression qui se manifestent par un transport total de la masse.*

Je ne saurais pousser bien loin l'analyse physique de cette question et je me borne à la constatation banale du phénomène et de ses effets.

Pour employer une métaphore qui semblera peut-être déplacée, mais qui masque la difficulté que nous éprouvons à définir la thèse physique du problème, je dirai que l'approche de l'obstacle force l'élasticité moléculaire mise en jeu par l'ondulation à s'effacer devant la solidarité moléculaire et que toutes les molécules de la masse liquide donnent solidairement contre l'obstacle. Ce n'est plus l'inertie moléculaire qui est en jeu, c'est l'inertie totale qui donne, et il y a transport de la masse.

J'ai, il y a quelques années, à propos de l'inertie des milieux auriculaires, cherché le travail produit selon que l'on avait à considérer la simple ondulation moléculaire ou la masse totale transportée, et je montrais combien il était plus considérable dans le second cas, comme bien on le pense. En effet, la formule $\frac{1}{2} mv^2$, dans le cas d'ondulation, c'est-à-

dire de sollicitation de l'inertie moléculaire, de conduction simple, nous donne la moitié du produit d'une masse minime, celle de la molécule située au point considéré par le carré d'une toute petite vitesse, celle d'une molécule quittant à peine sa position d'équilibre et la retrouvant dans un temps donné, c'est-à-dire un faible espace pour un temps relativement long.

Dans le cas d'ébranlement en totalité, c'est l'inertie de la masse entière qui est sollicitée et toutes les molécules agissent solidairement ; la vitesse est bien plus grande, puisque la masse subit des déplacements perceptibles à la vue, comme dans le cas de la vibration d'une corde, d'une membrane, d'une tige, d'un diapason, et ce déplacement, énorme par rapport aux dimensions de la molécule, se fait dans le même temps que dans le cas précédent, pour une même périodicité.

Ceci nous explique le travail énorme produit par une simple ondulation moléculaire quand l'opposition d'un obstacle la transforme en oscillation molaire, ou de masse.

Dans le conduit de l'oreille, l'ondulation pénètre le milieu aérien, et rencontre d'abord les parois à orientations multiples du pavillon, puis celles de la conque, du conduit si long et si courbé. La gêne apportée à la liberté de l'expansion ondulatoire est de plus en plus formelle, et les parois sont orientées, comme on l'a souvent remarqué, de façon à précipiter vers le tympan tout l'effort de l'impulsion de masse.

En effet, si une augmentation considérable de la

pression se produit sur le passage de l'onde condensante, cela n'a aucun effet sur les parois solides du conduit, que traverse l'ébranlement moléculaire en restant moléculaire, tandis que la masse aérienne devient le siège de variations énormes — relativement — de sa tension.

Le fond du conduit est formé et fermé par une paroi dépressible et élastique, le tympan. C'est lui qui va recevoir la poussée de la masse aérienne sous pression. Que fait une membrane sous l'action périodiquement alternante d'une pression et d'une dépression du milieu baignant l'une de ses faces ? Elle oscille, autant que lui permettent son élasticité propre et les gènes apportées à son inertie. En sa qualité de membrane, elle se prête à toutes les périodicités et nous n'avons pas à tenir compte de ses préférences tonales.

Mais nous devons tenir grand compte des gènes apportées à la liberté d'inertie, car ces gènes ne sont autre chose que la série des milieux suspendus qui lui font suite de dehors en dedans.

En effet, le tympan est retenu par le manche du marteau, lequel est articulé à l'enclume, laquelle à l'étrier, lequel s'appuie à la surface du liquide incompressible qui doit suivre ses mouvements autant que lui permet sa plasticité emprisonnée dans les réservoirs labyrinthiques divisés par des tympans membraneux et n'ayant guère comme échappement que le tympan secondaire, ou membrane de la fenêtre ronde. Il faut que tout cela bouge pour que le tympan oscille.

Et tous ces appareils sont suspendus, inertes et dociles à la sollicitation de leur inertie totale.

Nous allons étudier d'abord leurs modes de suspension et la liberté de leur inertie.

L'ébranlement moléculaire traverse successivement et avec une rapidité variable selon qu'ils sont liquides, gazeux ou solides, c'est-à-dire suivant leur contexture moléculaire, ces divers milieux. Comme je l'ai souvent répété, l'ébranlement moléculaire circule à travers les milieux auriculaires agencés entre eux comme la chaleur du foyer d'une machine à vapeur se répand à travers les divers milieux de la machine et les échauffe de proche en proche. Mais ce n'est pas parce que la machine s'échauffe que la roue va tourner, c'est parce que dans l'un de ces milieux va naître une certaine force qui va agir sur d'autres milieux et produire un travail mécanique bien autrement considérable que celui de l'échauffement des pistons, des bielles et des roues.

De même ce n'est pas parce qu'une oreille conduit l'ébranlement sonore, ce n'est pas parce qu'elle devient sonore sous l'ébranlement circulant de molécule en molécule à travers les divers milieux, qu'elle va entendre. C'est parce que dans la suspension de tous ces milieux va se manifester une liberté d'inertie dont la sollicitation donnera à ces milieux suspendus un branle bien autrement considérable, ici aussi, que la simple conduction acoustique.

Nous avons vu qu'en dehors du tympan il se produit sous l'influence de l'obstacle une variation considérable de pression, et que le tympan, s'il était parfaitement libre dans son inertie, oscillerait comme toute membrane, c'est-à-dire en totalité, sa partie moyenne ayant les plus grandes excursions. Derrière

le tympan, nous trouvons le marteau suspendu par ses ligaments et ses apophyses et prêt à suivre les oscillations du tympan autant que le lui permettront les milieux suspendus qui lui font suite. Il forme avec l'enclume un levier coudé dont les deux branches sont, d'après HELMHOLTZ, dans un rapport tel que l'excursion de la pointe de l'enclume est moindre que celle de la pointe du marteau, mais qu'en revanche la poussée y est plus puissante qu'au niveau du tympan.

Cette poussée de l'enclume s'exerce sur l'étrier, retenu par un ligament au cadre de la fenêtre ovale. Il se produit là une sorte de mouvement de bielle, enfonçant la platine de l'étrier dans la fenêtre ovale et exerçant cette même poussée à la surface du liquide. Or, ce liquide est naturellement incompressible et ne laisse pénétrer la platine de l'étrier que s'il trouve d'autre part une voie d'échappement, de recul. La fenêtre ronde joue parfaitement ce rôle, car du côté opposé à la poussée du liquide qu'elle reçoit sur sa face interne, il n'y a que l'air de la caisse ; elle peut donc prêter toute son élasticité au recul du liquide refoulé du vestibule vers la base des rampes cochléaires.

L'aqueduc du limaçon, qui peut jouer tout à fait accessoirement ce même rôle, est également situé au niveau de la base de ces rampes cochléaires, c'est-à-dire le plus près possible de l'orifice de communication entre le vestibule et le limaçon. Entre l'orifice du vestibule et la fenêtre ronde sont étendues la membrane de Reissner, très dépressible, et la basilaire, qui l'est moins, et qui subit à chaque poussée une inflexion plus ou moins étendue.

Comment sont suspendues toutes ces masses qui font suite au tympan, ou mieux comment est suspendue toute cette masse composée des tympans, des osselets, du liquide labyrinthique, des tympans cochléaires et de la membrane de la fenêtre ronde?

Le tympan est suspendu par ses bords au cadre tympanique et selon l'un de ses rayons au manche du marteau; c'est donc celui-ci qui reçoit toute la poussée exercée sur la surface du tympan.

Le marteau est suspendu par ses apophyses, par le tendon de son muscle propre et par le ligament qui soutient sa volumineuse tête. Cette tête fait contrepoids au manche et donne à celui-ci une grande susceptibilité, lui permettant d'obéir aux moindres sollicitations de la membrane tympanique.

L'enclume est également suspendue par un ligament et par son apophyse; l'ensemble de l'apophyse courte de l'enclume et de l'apophyse grêle du marteau forme un axe autour duquel oscille l'appareil. Nous reviendrons sur ce point à propos de l'orientation.

L'étrier est suspendu d'une part à la pointe de l'enclume par sa tête, et d'autre part, par sa platine, au cadre de la fenêtre ronde; il est encore soutenu par le tendon de son muscle propre.

Voilà pour les osselets; en résumé des ligaments et deux tendons soutiennent toute la masse. Et l'accommodation auditive n'est que l'action frénatrice exercée par les muscles des osselets sur les deux extrémités de la chaîne articulée. (V. Oreille, vol. II.)

Quant aux liquides labyrinthiques, ils sont dans un réservoir rigide avec deux points mobiles dans la

paroi, c'est-à-dire la fenêtre ovale, avec le volet formé par la platine de l'étrier, et la fenêtre ronde avec sa membrane libre. Leur suspension réside dans la liberté qu'ils possèdent de fluer d'un opercule à l'autre, grâce à leur plasticité et à leur incompressibilité.

Voyons maintenant ce qui se passe au moment où arrive l'onde condensante.

Si toutes ces parties étaient non pas suspendues, mais fixes et figées, comme c'est le cas dans l'ankylose, dans la rétraction scléreuse des membranes et des ligaments, l'onde condensante s'établirait presque immédiatement dans tous ces milieux successifs sans solliciter leur inertie totale de parties suspendues et articulées ensemble, et ne s'attaquerait qu'à leur inertie moléculaire, comme dans le cas de la conduction sonore à travers un milieu rigide ou fixe. Toutes ces parties se condenseraient sur place au passage de la phase condensante et se dilateraient également sur place au passage de l'onde dilatante.

Mais ces milieux sont suspendus, relativement libres, mobiles, et leur inertie de milieux oscillants jouit d'une assez grande liberté. L'onde sollicite *presque* simultanément toutes les parties de ces articles inertes successifs et solidaires dans une certaine mesure, toutes les molécules sont sollicitées, mais successivement de dehors en dedans; et bien que cette succession soit presque une simultanéité, à cause de la rapidité de la propagation, elle existe néanmoins; et tandis que ce fait de la sollicitation successive de toutes les molécules des milieux suspendus, dans le sens de la propagation, n'aurait aucune importance dans un milieu homogène ou ri-

gide, il n'en est plus de même dans une série de parties relativement libres d'osciller en totalité.

Chacun des points de cette série de milieux suspendus, au moment du passage de l'onde, subit une sollicitation dans le sens de la pression, par exemple. Or, au moment précis de cette sollicitation, il est plus facile à chaque point d'y obéir vers l'intérieur que vers l'extérieur, car les parties qui lui sont externes sont déjà en pleine phase de pression, tandis que les plus internes ne sont pas encore sollicitées dans ce sens. L'onde incline donc en quelque sorte sous son passage les molécules qu'elle rencontre, car l'expansion qu'elle imprime au milieu moléculaire qu'elle traverse pourra mieux se réaliser du côté non encore sollicité, c'est-à-dire en aval de sa course que du côté déjà traversé par elle.

Chaque milieu suspendu étant très petit de dimensions par rapport à une phase quelconque de l'onde, on peut considérer toutes ses molécules comme presque simultanément, immédiatement et solidairement entraînées dans le sens de la propagation.

Puis, au moment du passage de la phase inverse, l'inverse a lieu ; la dispersion de chaque partie animée par l'onde de dépression se fait mieux en amont, c'est-à-dire en dehors, vers les parties qui viennent d'être déprimées qu'en aval, en dedans, vers les parties que l'onde de dépression n'a pas encore atteintes.

En résumé, voici comment nous pouvons comprendre les phénomènes d'ordre moléculaire et d'ordre molaire dans chacun des milieux suspendus de l'oreille.

Au passage de la phase positive de l'onde, l'expansion moléculaire trouve plus facilement à se satisfaire vers l'intérieur, c'est-à-dire vers les parties que vient d'abandonner la phase négative et son influence dépressive.

Quand passe à son tour la phase négative suivante, la sollicitation se fait en sens inverse, le rappel de chaque partie successivement touchée se faisant mieux vers les parties déjà rappelées.

Il s'établit donc dans la série des milieux suspendus une sorte de poussée centripète au moment de la phase positive, c'est-à-dire dans le sens de la propagation, et une sorte d'aspiration centrifuge au passage de l'onde négative.

Comme toutes les molécules de chacun des articles suspendus sont sollicitées presque simultanément et que rien ne leur est plus facile que de se déplacer simultanément vu la suspension délicate de chaque partie, il en résulte que toute la série est tassée et poussée en dedans au moment de la phase positive, et en dehors au moment de la phase négative.

La suspension des diverses parties de l'oreille et la petitesse de chaque partie par rapport à une phase ondulatrice quelconque fait que l'oscillation en totalité s'établit en un régime périodique sous le passage de l'onde, depuis le tympan jusqu'à la fenêtre ronde.

Voici donc tout l'appareil de transmission mis en branle sous le passage de l'onde moléculairement transmise, et cette transformation d'un ébranlement intermoléculaire en un va-et-vient de milieux successifs, solidaires, petits et suspendus est la formule

mécanique propre à l'oreille et à tous les appareils enregistreurs.

Si l'on ajoute à ceux-ci l'action pneumatique exercée sur la surface du tympan, on conçoit combien l'oreille doit à cette transformation au point de vue du travail produit dans ses milieux.

En effet toute la masse suspendue est en quelque sorte une et solidaire au moment de chaque sollicitation dans un sens donné, la vitesse de ces milieux oscillants en totalité est grande, surtout si on la compare à celle d'une excursion moléculaire dans la même période de temps, car le déplacement des parties suspendues est perceptible à l'œil ; l'excursion oscillatoire est donc assez grande et comme la période de temps est la même que pour l'oscillation moléculaire, la vitesse est considérable. Le produit de la moitié de cette masse auriculaire sollicitée, par le carré de cette vitesse, représente donc un travail mécanique très supérieur à celui que peut produire la conduction acoustique pendant le même temps, bien que dérivant de cette dernière. La proportion est sans doute la même que celle que l'on pourrait trouver entre le travail que produit l'échauffement de la roue sous le rayonnement du foyer d'une machine à vapeur et le travail que va produire sur cette même roue la tension de la vapeur dont la puissance est pourtant tributaire de cette même chaleur émanée du foyer.

Voyons un peu maintenant ce qui se passe au niveau de la papille auditive. Elle aussi est suspendue et entre dans le branle général.

Quand la poussée refoule l'étrier vers le liquide du vestibule, celui-ci est en même temps sollicité dans

toutes ses parties par la phase positive de l'ondulation, et comme son expansion ne trouve d'échappement que par la fenêtre ronde suffisamment dépressible, et par l'aqueduc du limaçon qui s'ouvre dans le voisinage, ce liquide garde son incompressibilité et flue de la fenêtre ovale vers la fenêtre ronde, puis, à la phase négative, il reflue de même de la ronde vers l'ovale.

Quand la poussée se présente à l'orifice vestibulaire de la rampe vestibulaire du limaçon, la sollicitation des molécules du liquide s'adresse à la mince membrane de Reissner qui obéit docilement, étant dépressible et peu tendue.

Cependant l'interposition de cette membrane n'est pas sans effet sur la circulation de la masse liquide. En effet s'il n'y avait pas, entre l'orifice de la rampe vestibulaire et la fenêtre ronde des tympans membraneux interposés, il se produirait vers cette région de la base cochléaire, à l'origine des deux rampes, un véritable tourbillon, un remous qui par sa torsion même limiterait à un tout petit espace la circulation du liquide.

La membrane de Reissner rompt le tourbillon, coupe le remous, et la poussée s'étend en nappe sur elle. Le liquide traversé par la membrane ne peut se déplacer et circuler comme s'il n'y avait pas de membrane et sa circulation se plie forcément au mode de déplacement imposé à cette membrane. Ses bords ne cèdent pas, sa partie moyenne, plus libre, se déprime, c'est en ce point que se produit l'excursion maxima, sans tourbillon, sans remous, juste au-dessus de la papille. La membrane impose son régime oscillatoire propre à la masse liquide qu'elle coupe. Elle conduit l'oscillation, la dirige et la régu-

larise en supprimant les remous secondaires et en précisant son impulsion au niveau de la papille basilaire. C'est un second tympan placé au-dessus de la papille comme le premier est placé au-dessus du labyrinthe.

La membrane basilaire est étroite au niveau de la base du limaçon et les excursions oscillatoires sont forcément limitées. Mais l'interposition de ces deux membranes au milieu du va-et-vient liquide entre l'orifice vestibulaire et la fenêtre ronde a pour effet d'étendre et d'étaler le courant liquide, en lui opposant une plus grande surface membraneuse. Le va-et-vient du liquide de la base du limaçon, à chaque ondulation, est plus large et remonte plus loin de cette base que s'il n'y avait pas de membranes interposées. Non seulement il ne se produit pas de tourbillons, mais l'effet de la circulation du liquide se fait sentir plus haut dans le limaçon. Mais pas bien haut cependant, car il n'existe plus vers le haut de voies d'échappement et il faut que toute la circulation se fasse entre la fenêtre ronde et l'orifice vestibulaire. C'est ce que j'avais indiqué dès 1895 et ce qu'admet aussi aujourd'hui Ter Kuile dans le travail que je citais plus haut.

La membrane basilaire oscille donc, en va-et-vient, refoulée vers la fenêtre ronde par la phase positive, rappelée vers le vestibule par la phase négative. Cette membrane plus forte que celle de Reissner, qui ne supporte qu'un plat endothélium, est l'appareil de suspension de la papille, et celle-ci a elle aussi son mode d'oscillation totale qu'il faut examiner.

Elle est formée d'un épais bourrelet épithélial surélevé au-dessus du plancher basilaire, soutenu par l'échafaudage des piliers de Corti, des cellules de

Deiters, dont ces piliers ne sont qu'une transformation et tout cet appareil des cellules sensorielles de Corti, montées sur ce merveilleux et élastique pilotis des fibres de soutènement de Deiters, consolidé et bordé par la palissade des cellules de Claudius, tenu à la surface par la cimentation de la membrane réticulaire, tout cet appareil papillaire, dont j'ai montré autrefois l'analogie de structure avec la rétine, forme un gros cordon épithélial, qui court tout le long de la basilaire de bas en haut du limaçon.

Autant il est cohérent et tassé vers le milieu de la membrane, autant il est libre du côté des parois, interne et externe, de la cavité cochléaire et dans le liquide qui le baigne. C'est une grosse chenille épithéliale suspendue en dedans à la crête spirale entre les lèvres de laquelle sortent les filets nerveux, et en dehors au ligament spiral externe. Cet appareil de suspension de la papille epithéliale par la membrane basilaire est des plus délicats qui se puissent voir, et de tous les milieux inertes et suspendus de l'oreille, que nous avons à étudier, aucun n'est plus libre de son inertie et plus délicatement suspendu que la papille cochléaire.

Par l'énorme chevelu ciliaire qui s'élève au-dessus de la papille et dont la cohérence forme la membrane de Corti, la papille est encore retenue au dedans de la crête de Huschke, dont les dents forment sous ces cils étalés et retenus en dedans, comme autant de chevalets rigides. Ces dents de l'arête sillonnée de Huschke sont dressées à la hauteur du sommet de la papille basilaire. Quand la papille, formant une grosse masse inerte suspendue si délicatement sur sa membrane basilaire, s'élève et s'abaisse sous les sollicitations

auxquelles obéit en même temps le liquide ambiant, la membrane de Corti, c'est-à-dire l'ensemble des chevelures absaloniennes de toutes les cellules de la papille, ne peut pas suivre toute l'excursion de la masse papillaire. Dans la phase négative, c'est-à-dire quand la papille reflue vers l'orifice vestibulaire, c'est-à-dire vers la membrane de Reissner, le chevalet des dents de Huschke ne s'oppose pas à ce que les cils qui forment la membrane suivent le mouvement de la papille ; mais quand celle-ci s'abaisse vers la fenêtre ronde, c'est-à-dire quand le sommet de la papille basilaire s'écarte trop du niveau de celui des dents de Huschke, celles-ci arrêtent et tendent les cils qui exercent forcément un tiraillement sur les cellules de Corti dont elles contiennent la chevelure propre emmêlée à celles des cellules de soutènement de la papille. Ce tiraillement, qui ne se produit que dans la phase positive, est évidemment pour nous le mode d'irritation tactile de l'appareil auditif.

Plus l'excursion basilaire est grande, plus il est sensible ; sa périodicité et sa forme sont forcément celles de la sollicitation ondulatoire elle-même, et ce que nous avons vu plus haut des avantages de la transformation de l'oscillation moléculaire en mise en branle total nous montre combien cet appareil auditif est d'une tactilité puissante.

Ceci pour la base du limaçon. Que se passe-t-il plus haut ?

De la base vers le sommet la *masse* du cordon papillaire va croissant, ainsi que son *inertie*. D'autre part ses attaches aux parois sont plus lâches et plus minces, comme l'a bien vu Gray, préoccupé mal-

heureusement d'une autre théorie ; donc sa liberté d'inertie croît avec cette inertie elle-même.

Quant au canal osseux, son rôle est de contenir la masse liquide suffisant à suspendre l'appareil papillaire, et comme pour que la papille s'allonge il a dû s'enrouler en spirale vers l'intérieur de sa courbe initiale, il est assez naturel que ses dimensions diminuent en s'approchant du centre de courbure.

Que se passe-t-il donc quand l'extrémité du cordon suspendu est sollicité transversalement à l'une de ses extrémités ? Une ondulation longitudinale le parcourt plus ou moins loin selon la force de la sollicitation, selon la liberté de son inertie et ses modes de suspension.

Il semble bien que tout ce dispositif favorise singulièrement la propagation de l'ondulation dérivée de la base au sommet du limaçon. En effet, la forme spirale fait que le cordon basilaire ne subit aucune tension réelle dans le sens de sa longueur ; son *inertie et sa liberté d'inertie vont croissant*, la segmentation même dans le sens radial de son appareil de suspension, tout cela favorise évidemment cette onde propagée.

Rien ne s'oppose donc à ce qu'elle se produise, sauf l'indocilité même du liquide qui remplit la cavité cochléaire. Ce liquide est incompressible et ne se dérange d'un point que si on lui offre une place en un autre point. Mais n'est-ce pas le propre d'une ondulation de présenter toujours des parties négatives égales et semblables à ses parties positives, des dépressions égales à ses pressions, mais autrement situées ? Il n'y a donc à demander au liquide qui baigne les membranes qu'un peu de complaisance, c'est-à-

dire beaucoup de plasticité. Or, il circule librement dans chacune des rampes, les parois étant lisses ; et il est ici à remarquer combien cette circulation est également facilitée au niveau de la papille entre les pieds minces et flexibles des cellules de soutènement, et combien la conformation même de l'échafaudage papillaire se prête à la canalisation des déplacements compensateurs du liquide troublé par la propagation de l'onde longitudinale le long du cordon papillaire. D'ailleurs l'oscillation basilaire ne peut être d'une grande amplitude.

Donc tout semble accommodé en vue de cette propagation et rien ne paraît s'y opposer. Il est donc admissible qu'elle se produit dans le limaçon à peu près comme elle le ferait *à l'air libre* dans une cavité beaucoup plus vaste, en milieu libre. A quoi sert-elle ? Elle est non seulement très utile, mais conforme à la nature même de la sensation auditive.

En effet, grâce à cette propagation, le long du cordon papillaire, de la sollicitation initiale de la papille située près de la base, tous les éléments *contigus* reçoivent successivement la même sollicitation, avec la même périodicité, et la même forme, et avec une force presque identique. Il s'ensuit une irritation *continue* de la papille et cette continuité est tout à fait conforme à la sensation tonale.

Il ne faut pas oublier que de tous les ébranlements que nous percevons, lumière, chaleur et sonorité, les ébranlements sonores sont de beaucoup les plus lents, les plus espacés, et que l'analyse auditive ne doit la perception de tonalité qu'à son pouvoir de fondre en une sensation unique un nombre d'ébran-

lements qui peut ne pas dépasser 30 à la seconde.

Plus sera grand le nombre d'éléments contigus intéressés successivement — presque simultanément — à une même phase oscillatoire, plus l'analyse en sera fine, cela va sans dire ; car la forme de l'ondulation pourra s'étaler sur une plus grande surface sensorielle et nous savons que la délicatesse d'analyse d'une forme dépend du nombre d'éléments qui se répartissent sa perception.

Plus sera grand le nombre d'éléments contigus intéressés, plus il y aura de chance que les plus faibles ébranlements soient perçus.

Enfin, plus il y aura d'éléments papillaires simultanément sollicités par un ébranlement, plus se précisera la sensation de la tonalité, car plus sera grand le nombre des éléments qui, dans le même temps, subiront la même phase ondulatoire.

Supposons que cette ondulation propagée n'existe pas ; que la papille et le limaçon soient réduits aux régions proches de la fenêtre ronde, à la *pars initialis cochleæ*. La papille dissocierait vraisemblablement les ébranlements et au lieu de sensation auditive, continue, tonale, nous en serions encore aux sensations seisesthésiques d'avant les Amphibiens et les Reptiles. Nous percevrions une phase positive, puis une négative, et nous aurions la discontinuité tonale, c'est-à-dire la sensation d'ébranlement, que nous connaissons d'ailleurs quand la périodicité descend au-dessous de 30 à la seconde. Au lieu de cela, il y a toujours en un point quelconque de notre rampe papillaire une sensation persistante à laquelle va s'amorcer la suivante, et ainsi se fait la sensation

continue, tonale, — qui caractérise le limaçon et la fonction auditive.

Grâce à cette propagation longitudinale de l'ondulation transversale de la base du cordon cochléaire, l'impression sensorielle occupe une grande étendue, l'ondulation avec les détails délicats de sa forme couvre une grande surface sensorielle et un grand nombre d'éléments se partagent, à un moment donné, l'analyse de sa forme. Chaque détail de cette courbe est à chaque moment perçu par un élément de la papille et pendant le temps que dure la propagation, *tous* les points de la courbe ont été successivement perçus par *tous* les points de la papille ; l'analyse continue est donc merveilleusement réalisée.

On voit que ce procédé d'analyse est tout à fait comparable à celui des enregistreurs ; il consiste à étaler l'empreinte de l'ondulation, c'est-à-dire la forme de l'ébranlement sur une grande surface sensorielle que l'ébranlement parcourt dans toute sa longueur. Il est tout à fait différent de celui des résonateurs, qui décomposent et se partagent le produit de la décomposition. Rien de semblable ne se fait dans l'oreille humaine.

Nous avons ainsi exposé le mécanisme de la transmission de l'ébranlement à travers les milieux auriculaires, et montré comment la circulation de l'ébranlement moléculaire éveillant dans ces milieux suspendus la mise en jeu d'une autre forme d'oscillation, oscillation totale n'ayant de commun avec l'oscillation moléculaire que la périodicité, qui est identique dans les deux cas, tandis que la forme et

l'intensité sont très différentes, bien que directement conjuguées à la forme et à l'intensité de l'oscillation moléculaire. Mais il n'y a pas dans un ébranlement qui atteint l'oreille à considérer seulement l'intensité, la périodicité et les formes, il faut aussi étudier le mécanisme par lequel s'apprécie l'*incidence* de l'ébranlement, c'est-à-dire l'orientation auditive.

ORIENTATION AUDITIVE

L'incidence de l'ébranlement qui atteint l'oreille est naturellement liée au sens de la propagation. L'oreille n'accueille pas également bien toutes les incidences et il y a certaines parties du champ auriculaire qui sont plus favorables à l'appréciation.

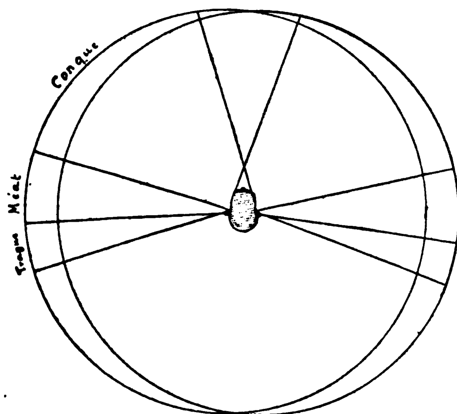


Fig. 51.

La figure 51 nous représente la composition des

deux champs auditifs. C'est une double sphère dont les deux centres sont aux deux méats. En dehors de chaque méat se trouve un cône comprenant les incidences les plus directement accueillies, c'est la région de la meilleure perception auditive pour l'oreille correspondante et celle de la moins bonne pour l'oreille opposée, à cause de l'interposition de la masse céphalique. En avant se trouve un large cône ouvert en avant de la conque, l'audition y est excellente, mais l'ébranlement de ces régions ne tombe plus directement dans le méat et subit une réflexion sur la concavité de la conque. Les deux champs antérieurs des deux conques se superposent et se confondent en avant de la face. En arrière du cône du méat, un cône plus étroit répond à la réflexion du tragus. Le reste des deux champs auriculaires est obscurci par l'apposition du pavillon, plus ou moins effacé selon les individus.

Comment se produit la transmission de l'ébranlement quand l'incidence est oblique à l'axe du conduit ?

Les ébranlements qui seront le mieux perçus seront naturellement ceux qui atteindront l'oreille directement dans le cône du méat. Puis viendront ceux qui n'auront qu'une faible obliquité par rapport à cet axe ; enfin, les moins bien perçus seront perpendiculaires à ce même axe.

Si nous examinons la série des appareils membraneux et articulés de l'oreille, nous constatons immédiatement que leur mode de suspension est surtout favorable aux sollicitations qui se font dans le sens de leur succession, c'est-à-dire de dehors en dedans.

Cependant la membrane du tympan est légèrement conique et l'on comprend qu'une poussée oblique fasse dévier le sommet de sa concavité. Le marteau et l'enclume peuvent compliquer leur va-et-vient de dehors en dedans d'une inflexion latérale. Cette inflexion latérale retentit sur la présentation de la platine de l'étrier à la fenêtre ovale et cette platine pourra s'enfoncer plus ou moins obliquement dans tel ou tel sens selon les mouvements latéraux imprimés à la tête de l'osselet par la longue branche de l'enclume, laquelle obéit aux déviations latérales du marteau, c'est-à-dire aux déviations du sommet du tympan, lequel obéit au sens de la poussée que reçoit la membrane concave.

Ces inclinaisons latérales ne peuvent être très prononcées et altèrent à peine l'oscillation générale dans le sens transversal. Néanmoins ce que nous avons vu de la mise en oscillation des appareils suspendus de l'appareil de transmission nous montre que le sens du parcours de la sollicitation influe sur le déplacement total des milieux inertes. J'ai exposé plus longuement ce mécanisme dans mon livre sur l'oreille (vol. II). Je me bornerai ici aux grandes lignes de l'orientation objective.

J. Muller a montré que quand une membrane vibre à la surface d'un liquide, l'ébranlement transmis est le plus fort selon le prolongement de la perpendiculaire à cette membrane. Si cette membrane est remplacée par un piston, comme l'étrier, il est évident que l'ébranlement gagne en puissance et en précision dans sa ligne de propagation directe. C'est ainsi que selon la présentation du piston stapédien telle partie

de la papille sacculaire sous-jacente est plus fortement influencée que les autres, et la papille oriente ainsi l'incidence de la poussée à la façon des otocystes. D'ailleurs l'ébranlement sollicite les otolithes de la papille otocystique dans le sens de sa propagation et l'orientation se fait directement par leur intermédiaire.

C'est donc la papille sacculaire qui oriente, et elle oriente pour l'audition comme elle oriente pour les perceptions seisesthésiques. Ce n'est pas sous forme auditive, sous la forme tonale que les ébranlements sont orientés, c'est sous la forme même d'ébranlement, mais nous savons que les deux perceptions se supposent et coïncident, l'une dans le saccule, l'autre dans le limaçon.

L'orientation auditive que je viens d'exposer brièvement est l'orientation de l'incidence de l'ébranlement *dans le champ auriculaire de chaque oreille.*

Quand nous fermons une oreille, nous orientons encore bien le lieu d'origine de l'ébranlement dans le champ de l'autre oreille, surtout dans les cones définies par le méat, la conque et la tragus.

Avec l'orientation dans l'intérieur de chaque champ auditif, nous possédons, par le sens des attitudes, l'orientation de chacun de nos champs auditifs, et nous définissons ainsi, par la composition de cette double orientation, l'une se faisant dans le champ auditif, l'autre étant celle du champ auditif lui-même, l'orientation objective de la source de l'ébranlement.

Chaque oreille orientant dans son champ auditif propre, et les deux champs auditifs se superposant

sur leur plus grande étendue, tout ébranlement est perçu simultanément selon les deux incidences sous lesquelles il atteint les deux oreilles, et la composition de ces deux incidences, dont les deux orientations convergent vers la source unique de l'ébranlement, permet l'audition *stéréacousique*.

On a souvent confondu la stéréacousie, c'est-à-dire la perception du relief acoustique, c'est-à-dire encore la définition dans l'espace du lieu de départ de l'ébranlement, avec l'orientation simple qui ne définit que l'incidence.

Sans doute l'orientation se fait mieux par le secours de deux oreilles opérant concurremment, mais elle n'est pas liée forcément à cette coopération, car chaque oreille oriente pour son compte. On s'explique mal comment tant d'auteurs ont supposé que l'orientation auditive ne s'effectuait que par le concours des deux oreilles, et cette tendance a porté les cliniciens à donner d'une intéressante expérience de Gellé une interprétation incorrecte. Cette expérience consiste à introduire dans les deux méats auditifs les deux bouts du tube otoscopique ; au milieu du tube, vibre le pied du diapason. Le sujet en expérience voit le diapason. Puis, on lui fait fermer les yeux et on déplace le tube et le diapason en tous sens, sans que le sujet cesse de le localiser là où il l'a vu. Les auteurs en concluent que l'orientation ne se fait que par le concours des deux oreilles. Cela est aussi raisonnable que de lier les deux mains d'une personne, de constater qu'elle ne peut plus écrire et de conclure qu'il lui fallait ses deux mains pour écrire. Par l'introduction du bout du tube dans l'oreille celle-ci ne peut

localiser le son perçu que dans le prolongement de la dernière incidence, cela se conçoit tout naturellement. Le tube pourra se déplacer en tous sens, la dernière incidence, selon l'axe du bout engagé dans l'oreille, ne variant pas, l'orientation est liée. Mais la chose est vraie aussi bien pour une seule oreille que pour les deux et cette expérience ne montre aucunement que l'on n'oriente que par le concours des deux oreilles ; elle ne montre même pas que l'on puisse orienter par ce concours. Elle montre qu'en supprimant l'orientation à la fois dans les deux oreilles l'orientation ne se fait plus.

Beaucoup d'auteurs cherchent cependant encore dans cette voie de l'audition bi-auriculaire pour définir l'orientation. On oriente mieux avec deux oreilles qu'avec une seule, cela va sans dire, mais on oriente mieux avec les deux yeux qu'avec un seul, avec les deux mains qu'avec une seule. Le champ d'orientation est plus étendu. Mais on oriente aussi avec une seule oreille, un seul œil, une seule main. Sans doute le son plus fort à droite qu'à gauche est localisé à droite, parce que c'est le cerveau gauche qui le perçoit le mieux, de même pour la vue, le toucher. Nous savons que le son se trouve dans le champ auriculaire droit. Mais l'orientation dans l'intérieur de ce champ auriculaire droit, en haut, en bas, en avant en arrière, notre oreille droite l'effectue directement.

Il y a sans doute de grands avantages, en physiologie surtout, à rapprocher dans l'étude de leur fonctionnement divers appareils de même ordre et à procéder par voie d'analogie et de comparaison. Mais

cette méthode présente certains inconvénients si l'on pousse trop loin l'analogie et surtout si l'on n'assure pas, dès le début, une grande fixité de signification aux termes que l'on emploie. On a bien souvent comparé l'oreille à l'œil et cherché comment s'effectuaient, dans ces deux organes si différents, un certain nombre de fonctions communes aux appareils sensoriels. Ces rapprochements ont été très féconds le plus souvent; mais il en est aussi de stériles, et c'est, je crois, le cas d'un travail sur le *Relief acoustique et l'audition bi-auriculaire* présenté par M. Paul Raugé à la Société française d'otologie et de laryngologie en mai 1896.

C'est en opérant sur des unités physiologiques d'ordre différent et en forçant les analogies, que M. Raugé a été amené à nier l'orientation uniauriculaire, qui est cependant expérimentalement évidente, et à confondre constamment la notion de direction et la notion de relief, comme je le montrerai plus loin.

Le fait que les organes sensoriels vont généralement par deux manifeste, selon lui, *une disposition intentionnelle et voulue*, ce qui est sans doute une façon de parler. « Et pourquoi, se demande-t-il, possédons-nous deux oreilles, alors qu'une semblerait nous suffire ? Quelle est la raison de cette multiplication d'organes, de cette libéralité dont la nature économe est si peu coutumière ! »[1].

M. Raugé n'ignore cependant pas que l'immense

1. *Archives internationales de laryngologie, d'otologie et de rhinologie*, juillet-août 1896, p. 346.

majorité des êtres organisés le sont par rapport à un plan de symétrie et qu'il n'y a guère d'organe qui ne soit au moins primitivement double. Toute la sensibilité en particulier forme un système bilatéral ; et tandis que d'autres appareils, comme le digestif, sont devenus simples et impairs, il était naturel que tout ce qui desservait la sensibilité, et surtout la périphérique, restât bilatéral, le champ sensoriel objectif se trouvant lui-même divisé en deux parts par la conformation même de l'animal et sa suspension dans son milieu. Tout organe périphérique est forcément hors d'état d'analyser la partie du champ sensoriel total pour laquelle le corps même de l'animal fait écran ; il y a là en quelque sorte une éclipse du champ sensoriel pour chaque organe latéral, et la bilatéralité de l'organe ne permet que rarement l'analyse totale. Elle nous procure la perception d'une foule de points que nous ne pourrions analyser autrement, mais elle n'a aucunement pour but de nous fournir la notion du relief et de la profondeur de l'espace, et elle n'y parvient d'ailleurs qu'à certaines conditions.

Quant à y voir une libéralité excessive, rappelons-nous que l'oreille interne n'est qu'une transformation d'un organe segmentaire de la ligne latérale et que, loin de nous octroyer deux oreilles pour une, la nature a tout d'abord merveilleusement différencié deux organes latéraux, dont elle a fait nos labyrinthes de Vertébrés, et elle a ensuite progressivement supprimé des centaines d'autres organes latéraux homologues, que la supériorité fonctionnelle de l'oreille rendait inutiles, et que la vie aérienne des

Vertébrés supérieurs rendait impossibles. Cette prodigalité est en fait une économie sur la quantité compensée par du luxe sur la qualité.

Il y avait, pense M. RAUGÉ, une nécessité physiologique à satisfaire, celle de localiser la provenance du son et d'en apprécier la direction.

J'ai montré ailleurs que dès qu'un appareil sensoriel, aussi primitif fût-il, analysait, il orientait. Il est hors de doute que la distribution périphérique des organes sensoriels permet une analyse plus complète du champ sensoriel dans son ensemble ; mais ce qui rend inacceptable la théorie de M. RAUGÉ, c'est qu'il confond absolument deux termes bien différents, l'*orientation objective* des objets perçus, c'est-à-dire la localisation de leur provenance,— et le *relief*. « L'audition bilatérale, dit-il, nous renseigne sur la *position* des corps sonores comme la vision bilatérale nous renseigne sur celle des corps visibles, et nous sommes aussi peu capables d'apprécier la *direction* des sons au moyen d'une seule oreille que d'obtenir avec un seul œil la notion du *relief* optique » ; — et plus loin : — « avec une seule oreille tous les sons nous semblent venir d'une seule et même *direction,* comme, avec un seul œil, les objets nous paraissent tous situés *dans le même plan* ».

Il n'est pas indifférent de confondre les notions de profondeur, de plan, de relief et de direction. Viser dans une *direction* donnée et régler son tir pour une *distance* donnée sont deux opérations distinctes. Cette comparaison avec ce qui se passe pour l'œil, d'une part pour l'orientation angulaire et, d'autre part, pour la perception du relief, nous permet d'ana-

perspective complexe reposant sur les deux axes qui se coupent au point fixé. En ce point la vision double est doublement nette et paraît simple, en deçà et au delà elle est double et confuse, et cette duplicité détermine un écartement des objets non fixés, écartement qui s'accroît avec la distance, et troublerait la vision, si les images troublées ne sortaient pas de plus en plus des limites de l'accommodation.

Il est évident que le relief est lié à cette convergence, et à la variabilité de convergence des deux regards.

Pour l'oreille, les conditions sont très différentes.

Tout d'abord les axes auditifs divergent au lieu de converger, et cela tient à la disposition des organes, qui est faciale et parallèle pour les yeux, transversale et opposée pour les oreilles.

En outre, les yeux sont mobiles dans les orbites, tandis que les oreilles sont fixes de chaque côté de la tête. Il est donc difficile d'invoquer la moindre similitude de fonctionnement.

Est-ce à dire qu'il n'y a pas de relief acoustique, d'audition stéréacousique ? Nullement ; mais le mode fonctionnel est particulier à l'oreille. Les deux organes symétriques sont fixes, opposés, mais en revanche les deux champs auditifs se superposent presque complètement, et tandis que, pour la vue, le point fixé par les deux yeux se trouve à l'entre-croisement des deux axes optiques, c'est-à-dire au *maximum de vision nette* pour chacun des yeux, qui, tous deux, s'accommodent simultanément pour ce point, — pour l'audition, la partie du champ auditif la *mieux* perçue par l'oreille droite est celle que perçoit

le *moins* l'oreille gauche. La tête forme pour chaque oreille un écran derrière lequel elle oriente et entend mal, mais aussi derrière lequel l'autre oreille entend et oriente le mieux. Il en résulte que c'est dans la partie du champ auditif, où chaque oreille exerce le mieux l'orientation angulaire, que la double orientation se fait le moins et que le relief acoustique est le moins défini. C'est exactement le contraire de ce qui se passe pour la vue.

Au-dessus, en avant et en arrière de la tête, de chaque côté du plan de symétrie, les deux opérations auriculaires s'équivalent, et l'audition stéréacousique se fait directement par la convergence, non des axes auditifs, mais des deux lignes d'incidence de l'ébranlement perçu respectivement et simultanément par chaque oreille.

La double orientation angulaire réalise donc l'audition stéréacousique.

Quand par suite de déformation tympanique, de rigidité de l'appareil de transmission, l'orientation se fait mal dans chaque oreille, nous ne localisons plus guère que par la balance entre deux perceptions et la définition du maximum à gauche, à droite; mais cette orientation est très grossière et nécessite, pour être précise, que nous déplacions la tête de façon à amener le son maximum dans l'axe de l'oreille la plus intéressée, et nous orientons alors par un mécanisme complexe que je ne rappellerai pas, ayant plus haut montré comment s'effectuait non seulement l'orientation dans chaque champ auriculaire, mais l'orientation du champ auriculaire lui-même par rapport à nous.

Sans y revenir, on voit combien le procédé de la perception du relief varie pour l'œil et pour l'oreille. Il nous faut deux yeux pour le relief visuel et deux oreilles pour le relief auditif, mais le mécanisme de l'orientation est presque absolument opposé dans les deux cas. Sans doute, comme le remarque M. Raugé, les images formées par les deux organes sont différentes et cette différence intervient dans la définition du relief, mais celle-ci comporte, avant tout, la combinaison de deux orientations angulaires fournies respectivement par chacun des deux organes coopérants, et c'est sur la combinaison des deux orientations simples que repose l'orientation double qui donne la direction du relief, qu'il ne faut pas confondre avec celle de direction et d'incidence, comme l'a fait M. Raugé, qui a attribué à l'oreille, pour la perception de la direction, le procédé dont se servait l'œil pour celle du relief. Il y a de grandes analogies fonctionnelles dans la façon dont l'œil et l'oreille apprécient la direction ; il y en a également dans celle dont il apprécie le relief, mais ce qui sert à l'œil pour le relief ne ressemble aucunement à ce qui sert à l'oreille pour la direction.

En 1884, j'avais, dans mon travail sur l'*orientation auditive*, dans le Bulletin scientifique de Giard, esquissé la théorie que j'ai exposée plus haut, sur le mécanisme de l'oscillation des milieux suspendus de l'oreille moyenne et vestibulaire, oscillation latérale variant avec l'incidence de l'ébranlement. J'avais fait intervenir, comme phénomène dernier, un déplacement correspondant du liquide utriculaire, déplace-

ment analysé par les opérations des trois canaux qui s'ouvrent dans l'utricule. J'ai abandonné cette partie de ma théorie depuis longtemps et je ne pense pas, comme l'ont fait Autenrieth, Lussana et beaucoup d'auteurs, que les canaux semi-auriculaires servent directement à l'orientation auditive. Ils n'interviennent selon moi que dans l'orientation du champ auditif lui-même, en définissant l'attitude et les variations d'attitude de la tête, mais non dans l'orientation objective de la source sonore à l'intérieur du champ auditif.

Dans une note à la Société de Biologie, le 9 juillet 1898, M. Max Egger a attaqué ma théorie actuelle de l'orientation auditive, s'appuyant sur un cas clinique assez spécial pour que le sujet ait présenté — selon lui — une destruction totale de l'appareil vestibulaire central du côté gauche, tandis que l'appareil cochléaire était relativement sain. Le sujet n'orientant plus auditivement de ce côté ; M. Egger posait les conclusions suivantes :

« 1° L'appareil semi-circulaire joue un rôle capital dans l'orientation auditive. La destruction unilatérale de ses neurones centraux a privé cette oreille de la faculté de s'orienter, malgré l'existence d'un tympan sensible et d'un pavillon anesthésique ;

2° Contrairement aux opinions des psychologues (et en note je suis ici désigné. Bonnier, *l'Oreille*, t. III, p. 72) qui envisagent l'orientation auditive comme un mécanisme complexe dont la condition préalable serait une orientation subjective, autrement dit la connaissance de la position occupée par notre corps dans l'espace, nous voyons que la perception

de la direction du son se fait sans la notion de position, car, malgré l'absence de toute perception translatoire ayant lieu vers le côté gauche, l'oreille droite rapporte parfaitement bien les sons à leurs sources. »

Nous eûmes à cette occasion une discussion assez étendue dont je résumerai les principaux points ; et je montrai que la réfutation que M. Egger apportait à sa théorie reposait : 1° sur une erreur *clinique*, car l'exposé symptomatique qu'il nous donnait ne permettait nullement de poser le diagnostic avancé, et auquel M. Egger, un peu pressé, semble-t-il, accordait généreusement la valeur du *fait*, avant toute autopsie ; 2° sur une erreur *physiologique*, car sa théorie de fonctionnement ampullaire et de ses attributions renfermait non seulement des invraisemblances, mais des impossibilités matérielles ; 3° sur une erreur *critique*, c'est-à-dire sur une imparfaite compréhension de ma théorie qu'il réfutait. Je reproduis à la fin de cet ouvrage cette discussion qui ne pouvait trouver place ici.

LA PARACOUSIE

L'oreille ne perçoit pas seulement les ébranlements transmis par l'intermédiaire du milieu aérien extérieur, elle perçoit aussi les ébranlements qui sont directement communiqués aux milieux organiques du corps lui-même.

A l'état normal, il faut que la source sonore ne soit pas trop éloignée de l'oreille ; ainsi une montre n'est guère entendue que si on l'applique sur une

partie osseuse de la tête, le diapason grave et grand ne l'est guère non plus si on l'applique sur un point du corps éloigné de l'oreille. Comment se fait la transmission par voie solidienne ?

Quand l'ébranlement, quelle que soit son origine, traverse dans sa propagation des milieux qui n'offrent à sa sollicitation que leur inertie moléculaire, il y a simplement conduction. Mais quand cette propagation rencontre des milieux suspendus et capables de livrer à la sollicitation ondulatoire leur inertie totale de milieux suspendus, les choses se passent comme nous l'avons vu, c'est-à-dire que l'expansion moléculaire en un point donné se fait plus facilement dans un sens que dans tout autre, que ce sens varie selon la phase de la vibration et que toutes les molécules d'un quelconque de ces petits milieux suspendus sont sollicités presque simultanément à se déplacer en bloc dans le même sens, puis dans le sens opposé. Ils entrent donc en oscillation totale.

Il est évident que ces milieux suspendus, par la forme même de leur suspension, ne peuvent osciller que dans certaines directions ; le liquide labyrinthique ne peut osciller que de la fenêtre ovale à la fenêtre ronde, l'étrier ne peut osciller que comme un piston, les osselets en mouvement transversal de sonnette et le tympan selon son axe — ou à peu près.

Mais il n'est guère de propagation qui ne puisse déterminer cette mise en oscillation transversale, dût-elle décomposer sa force d'expansion et perdre ainsi plus ou moins de sa force totale. L'ébranlement atteignant les milieux auriculaires de la trans-

mission se communique presque simultanément à toutes les parties des milieux suspendus et les sollicite en même temps dans un même sens pendant une phase oscillatoire, et en même temps dans l'autre sens pendant la phase inverse. Ces milieux suspendus offrent à cette double sollicitation toute leur inertie, — et oscillent en totalité dans le sens transversal comme si la sollicitation était elle-même transversale.

A l'état normal, quand l'ébranlement vient à l'oreille de telle ou telle partie du corps, l'expansion vibratoire trouve moins de résistance en dehors, du côté de l'air libre, que du côté du labyrinthe, et la faiblesse de cette résistance diminue l'effet des variations de pression sur les parties profondes, c'est-à-dire l'intensité même de l'audition.

C'est une question de balistique ; on conçoit que quand les variations de pression et les sollicitations de l'inertie totale des milieux suspendus manquent d'un point d'appui résistant d'un côté, l'effet est d'autant atténué du côté opposé. On comprend que quand la culasse d'un canon cède, le boulet portera moins loin. Du côté de l'air libre du conduit, l'expansion vibratoire trouve un recul facile et une déperdition énorme de sa force, et il est naturel que l'expansion vers le labyrinthe soit affaiblie d'autant.

Mais opposons une résistance à cette expansion au dehors, empêchons un peu de cette déperdition et l'expansion vers le labyrinthe se fera sentir davantage, le son perçu sera plus intense.

Supposons que je place un fort diapason vibrant sur le sommet de mon crâne, sur le milieu du front,

j'entends le bruit du diapason, son son propre, avec une certaine force. Si, sans même toucher l'oreille, j'approche ma main ouverte du méat gauche, je crée une paroi solide contre laquelle l'expansion vibratoire de l'air du conduit, sollicité par l'ébranlement propagé de mon oreille à l'air, va venir prendre un point d'appui, va éprouver une résistance. L'expansion vibratoire se fera sentir plus fortement en dedans, et le son sera plus fortement perçu.

Si j'ai cherché sur mon corps le point le plus éloigné de mes oreilles, par exemple la fourchette sternale, où je percevrais à peine le son du diapason; je le percevrai nettement maintenant, ou je le percevrai encore quand il sera placé encore plus bas, plus loin de mes oreilles, — et je le percevrai dans l'oreille gauche.

Si, au lieu de couvrir mon oreille avec ma main, sans la toucher, j'osbtrue le méat avec le doigt, le son augmente encore ou il est perçu de plus loin.

Si, au lieu de fermer le conduit, je le bouche avec un coton enduit de vaseline, même résultat et plus fort. Si je touche le tympan, c'est encore plus net. C'est sur le tympan que va prendre appui maintenant tout le reste de l'appareil de transmission et l'expansion oscillatoire s'en fera d'autant mieux sentir en dedans.

La clinique nous montre qu'avec divers obstacles au niveau de la chaîne des osselets, la paracousie, c'est-à-dire l'audition par contact, augmente, et dans une foule de cas, tel sujet qui ne pourra plus entendre par l'air le diapason approché du méat, l'entendra quand il sera appliqué sur le tibia, sur la

rotule, sur telle saillie osseuse, ou même sur des parties molles, fesse, sein, paroi abdominale, etc.

Dans certains cas où il y a de plus une forte congestion labyrinthique, la paracousie est telle que le sujet entendra le diapason dès qu'il sera appliqué non pas même sur telle partie éloignée du corps, mais même sur le matelas, l'édredon, etc.

En règle générale, dès qu'une lésion de l'oreille crée un obstacle à l'expansion vibratoire en dehors, la paracousie est exaltée, et le sujet entend d'autant mieux par contact qu'il entend moins bien par l'air.

Cette épreuve paracousique, c'est-à-dire la recherche de l'audition par contact sur des parties éloignées du corps où elle n'existe pas à l'état normal, permet de diagnostiquer une affection auriculaire, à marche souvent progressive, alors que rien ne fait encore soupçonner la surdité future. C'est à ce titre que je l'ai fort recommandée, parce qu'elle permet de dépister une surdité à l'état naissant et même à l'état de menace, et de la traiter en quelque sorte d'avance, ce qui n'est pas trop tôt [1].

Quand on recherche l'exaltation paracousique sur le crâne, la trépidation du diapason éveille l'irritabilité de l'appareil frénateur des muscles tympaniques, et l'oreille limite elle-même sa force de transmission, c'est le réflexe d'interception, que j'ai analysé ailleurs [2].

1. Diagnostic précoce de la surdité progressive par l'épreuve paracousique. *Académie de médecine*, fév. 1900.

2. Réflexes auriculaires. *Société d'otologie de Paris*, 3 février 1894.

Du même coup la paracousie elle-même est atténuée comme l'audition, et l'épreuve — dite épreuve de Weber, peut n'avoir pas sa pleine signification clinique. Tandis qu'en cherchant à éveiller la paracousie en appliquant le diapason sur un point éloigné d'où la trépidation ne pourra se propager jusqu'à l'appareil tympanique, il n'y a plus que la transmission sonore qui soit en jeu, et elle n'est pas interceptée par le réflexe de défense, qui n'a nulle occasion d'intervenir.

C'est cette forme si classique de paracousie que M. Max Egger avait prise pour une perception auditive par les nerfs de la sensibilité générale, dans une communication à la Société de Biologie, le 23 juillet 1898, et dont je fis la critique qu'il convient, et qu'il reproduisit néanmoins dans un certain nombre de publications, convaincu qu'il avait découvert un nouveau mode d'audition par les os, faisant, malgré la moelle dont ils sont remplis, l'office de résonateurs accordés pour tous les sons.

Je décrirai plus loin les formes pathologiques de paracousie.

CHAPITRE V

LA SENSATION AUDITIVE

Nous avons étudié plus haut le fonctionnement de l'appareil centripète de transmission et nous avons abouti à un petit tiraillement périodique des cils de la cellule infusoriforme de Corti. Selon la forme, la force et la périodicité de l'ébranlement, il se produit sur chacun des éléments cochléaires de la papille, consécutivement, un tiraillement ciliaire d'une certaine forme, d'une certaine force et d'une certaine périodicité. Tout cet appareil de transmission a pour effet la transformation de la conduction moléculaire, acoustique, de l'ébranlement en un travail de sollicitation mécanique des milieux suspendus de l'oreille, et le développement d'une action mécanique qui, bien que conjuguée à l'ébranlement moléculaire, est considérablement plus puissante.

Cette irritation de l'élément épithélial, infusoriforme est perçue par les ramosités amœboïdes du prolongement périphérique de la cellule nerveuse du ganglion de Corti et nous entrons ici dans le domaine de la sensation auditive.

Une sensation en apparence aussi simple est au

fond quelque chose d'extrêmement compliqué. Ce n'est pas en effet l'irritation propre à l'élément cellulaire épithélial qui est recueillie et transportée *in naturâ* par la chaîne des neurones jusqu'à l'écorce. L'irritation de l'élément épithélial ne dépasse pas l'élément épithélial ; mais cette irritation est perçue, appréciée par le premier neurone, la cellule ganglionnaire, qui l'embrasse de ses ramosités. Or cette cellule ganglionnaire ne s'approprie pas l'irritation de la cellule épithéliale, n'éprouve pas en elle-même la même irritation que cette cellule, et ne la transmet pas, puisqu'elle ne la reçoit pas ; mais elle éprouve au contact de cette irritation cellulaire une irritation qui lui est propre à elle cellule nerveuse, irritation sans doute correspondant au changement d'état de la cellule épithéliale et conjuguée à celle-ci, mais néanmoins aussi différente de l'irritation de l'élément infusoriforme qu'une cellule nerveuse est différente d'une cellule épithéliale ciliée.

Il y a donc dès le premier neurone une sorte de digestion de l'irritation nerveuse éveillée par la perception toute tactile de l'irritation de l'élément épithélial. Et il en va ainsi de neurone en neurone avec des dispersions, des absorptions ; bref ce qui arrive à l'écorce, — aux nombreux éléments de l'écorce — est tout autre chose que l'irritation périphérique.

Ces cellules se sont éveillées l'une après l'autre, mais chacune a réagi à sa façon et a transmis autre chose que ce qu'elle recevait, et la suivante a reçu autre chose que ce qu'on lui transmettait. Chaque nouveau neurone complique donc l'irritation et la modifie. Il y a à la periphérie épithéliale un tiraille-

ment périodique exercé sur les éléments ciliés d'une vaste papille — nous ne sentons qu'une sonorité que nous analysons dans sa force, sa forme, son acuité tonale.

Nous n'avons naturellement aucun droit de penser que la sensation ne s'est produite qu'au niveau même de l'écorce. La sensation élémentaire s'est produite au niveau de chaque élément. La cellule épithéliale a senti, la cellule du ganglion de Corti a senti, tous les neurones ont senti l'irritation dont ils étaient le siège, mais c'est au niveau de ce vaste réseau de l'écorce où par les multiples associations chaque irritation cellulaire prend place dans la vaste *conscience* c'est-à-dire dans la cohésion de toutes les parties sentantes, que la sensation se définit par ce fait qu'elle a sa place, son lieu dans l'ensemble des perceptions.

Les voies auditives ne sont donc pas une grande route où cheminent des sensations auditives, cela n'a aucun sens. C'est comme une poste où on changerait à chaque relai non seulement les chevaux et le véhicule, mais le voyageur lui-même. Chaque neurone a sa réaction propre, ses connexions anatomiques propres et par conséquent ses dispersions et ses adjonctions propres. Et néanmoins chaque neurone, dans sa réaction personnelle à l'irritation qu'il emprunte au précédent, offre une réaction appropriée à cette irritation. C'est par cette série d'appropriations conjuguées de réactions élémentaires individuelles que s'opère la mise en rapport de la conscience avec la périphérie sensorielle.

Un tiraillement des éléments de notre papille

cochléaire devient une irritation de nos éléments corticaux très différente de l'irritation d'autres éléments corticaux autrement situés. Cette irritation, nous la distinguons des autres par des caractères qui en font l'image sensorielle que nous appelons *son*. Et ce son a pour qualités la force, qui correspond à la force du tiraillement épithélial, à la force de l'ébranlement extérieur, — l'acuité tonale, qui correspond à la périodicité du tiraillement papillaire, à la périodicité de l'ébranlement extérieur, — et le timbre, correspondant la forme du tiraillement épithélial, à la forme de l'ébranlement extérieur.

Cette sensation sonore a un caractère continu, elle n'existe que quand le tiraillement a une périodicité assez courte, pour que la phase négative de l'ébranlement ne laisse pas se produire une interruption totale de l'irritation cochléaire ; il faut pour cela une périodicité plus courte qu'un vingtième de seconde.

Les sensations visuelles, thermiques, dues à des ébranlements de périodicité beaucoup plus courte encore que les plus hautes tonalités sonores, sont naturellement aussi continues, mais elles se produisent en des zones cérébrales organiquement distinctes et distantes des zones où aboutit l'irritation auditive. De par leur distribution même dans le milieu des éléments associés de l'écorce, ces sensations sont forcément distinctes, puisqu'elles n'ont pas le même lieu. Et précisément parce qu'elles n'ont pas le même domaine organique, elles ne peuvent se confondre ; mais comme elles sont toutes dans le domaine des associations intracentrales dont la composition constitue cette chose complexe et étendue qui est la

conscience, elles peuvent se comparer entre elles et nous les distinguons par des caractères propres, tout en leur reconnaissant des qualités comparables.

La chaleur, la lumière et le son sont des sensations continues.

Elles peuvent être fortes ou faibles, c'est-à-dire plus ou moins fortement senties :

Elles peuvent être classées selon une échelle d'acuités, de tonalités ; c'est-à-dire que tout en étant forte ou faible la chaleur peut occuper tel niveau dans la sensibilité thermique, tel degré du thermomètre; la couleur a telle tonalité, telle place dans le spectre; le son telle acuité, tel rang dans l'échelle des tonalités.

La forme de l'ébranlement ne semble pas nous fournir d'impression sensorielle particulière quand il s'agit de l'ébranlement thermique ou lumineux, et cependant ces ébranlements ont sans doute une forme, mais il semble que l'énorme rapidité de la succession des ondulations ne laisse pas de place à une analyse de la forme même de chaque phase. Pour l'ébranlement sonore, sa lenteur relative permet cette analyse et nous en tirons la sensation de timbre.

Nous sommes sensibles non seulement à l'intensité et à la périodicité, mais aux détails mêmes de la forme ondulatoire, et il faut reconnaître que l'étalement de l'ondulation sur la vaste papille spirale est favorable à une analyse extrêmement délicate des moindres accidents de la courbe ondulatoire. De là la notion du timbre, associée à la sensation de forme plus ou moins régulière ou irrégulière de la phase ondulatoire et qui nous permet de distinguer entre diverses sonorités de même force et de même tonalité.

On peut mesurer l'acuité auditive au moyen d'un très grand nombre d'acoumètres qui tous ont divers défauts, soit par leur complication ou leur variabilité, soit par le choix de la source sonore elle-même. Je renverrai aux livres spéciaux d'otologie pour la description de ces appareils, qui donnent le plus souvent des résultats qui ne sont pas comparables d'un instrument à l'autre, d'un observateur à l'autre. J'ai proposé, au Congrès international de Londres et au Congrès international de Paris, en 1900, que tous les auristes adoptent le diapason de 100 vibrations (allemandes) à la seconde, ce chiffre 100 n'appartenant au système musical d'aucun pays, ce qui est un avantage au point de vue international, et appartenant aux méthodes chronographiques de tous les pays, puisque la seconde, dont il donne la centième partie, est l'unité de temps elle-même. Ce diapason ne vaut naturellement pas pour toutes les mesures acoumétriques, mais il fait étalon, et l'on peut lui associer ses multiples, les diapasons de 1 000 et 10 000 vibrations, pour pouvoir avec ces trois appareils avoir une évaluation de la capacité auditive au moins aussi pratique et utile que celles des séries classiques de diapasons si coûteuses, si peu portatives, et il faut le reconnaître, si peu justes.

De plus en plus instamment les médecins auristes et les physiologistes ressentent le besoin d'une notation acoumétrique unique, simple et pratique, destinée à rendre les observations cliniques et expérimentales aussi intelligibles d'un auteur à l'autre et d'un pays à un autre que le sont entre elles les observations des ophtalmologistes. D'intéressants efforts ont

été tentés dans ce but en Allemagne, en Italie, et aussi en France dans ces derniers temps. Knapp, Hartmann, Kessel, Bezold, de Stein, Habermann, Zwardemaker, Bloch, Barth, Gradenigo, Baratoux ont proposé divers systèmes de notation dont chacun offre de réels avantages, mais aussi des inconvénients de lecture, dus surtout à leur complexité, et qui ont empêché jusqu'ici cette urgente réforme de vaincre l'inertie des praticiens.

Pour être adopté universellement en principe, et surtout pour pénétrer dans l'usage courant, un bon procédé acoumétrique doit être simple, mais suffisamment exact et pratique pour donner, par sa lecture, avant tout facile et parlant aux yeux, une notion rapide et satisfaisante de l'état fondamental de la fonction auditive.

Il faut sans doute qu'un examen fonctionnel soit complet pour qu'on en puisse, avec quelque sécurité, tirer un document diagnostique, mais il n'est pas nécessaire, dans la pratique, que tout l'examen soit condensé en un faisceau serré dans une seule notation. Il faut abandonner d'abord toute préoccupation et toute prétention de diagnostic par la seule notation acoumétrique. Le relevé acoumétrique le plus complet ne peut se passer d'un examen visuel d'abord, et aussi de certaines recherches sur le fonctionnement des parties intéressant l'appareil de transmission; mais, en outre, c'est à grand'peine qu'avec l'examen des fonctions non auditives de l'oreille, on arrivera, par l'ensemble de tous les signes et symptômes, à formuler un diagnostic inattaquable.

Si l'on jette les yeux sur certaines formules de nota-

tions acoumétriques, telles que la suivante, d'Habermann :

W
R L
$>$
$\Theta \left\{ \begin{matrix} u \\ us \\ uw \\ fl \end{matrix} \right\} \Theta$
0.10 st. 0.10
5″ cp 6″
— R —
12″ co 14″
— 37″ c^4 — 29″
Θ′ C +
5.6.7.8 5.6.7.8
c
\+ +

ou celle-ci de Bloch :

$$h\ (5{,}0)\ \frac{1\ c.\ kl}{0,\ kl\ \Theta}\ \text{vert.}\ \Theta;\ v\ \frac{1,-0{,}10}{\Theta - \Theta};\ c\ \frac{-}{-}\ m - (28/65)$$

$$PC\ c'\ \frac{+-}{+-};\ G\ (2{,}5\ \frac{4{,}0\ldots}{3{,}9\ldots}$$

ou celle-ci de Gradenigo :

	AD	— δ	0,05 +	+ > 4	0.30-0,15	>4
S (18) + 6 W /	R (+ 16″). H, Hm, Ht, P.				v,	V;
	AS	— 15	0,05 +	+ > 4	2,00-1,00	>4

12	42	72	92	100	95	100
Ut,	ut,	ut^1,	ut^2,	ut^3,	ut^4,	ut^5,
50	80	87	95	100	100	100

ou enfin celle de Baratoux :

Ad	3.25	> 4	>6-1	1.50-1	2
PA = h	(5);	Ph;	V;	v;	Gal.
As	c	0.20	1-50	0.25-Θ	4.5
0.11	0.71	61	69	84	97
C;	c;	c^1;	c^2;	c^3;	c^4;
0.03	0.43	0.65	0.94	1.07	11

on sera immédiatement frappé de leur effrayante complexité, bien que chacune d'elles réunisse le plus possible de données utiles. Mais jamais un clinicien ne lirait une analyse d'urine notée selon ces principes. Il faut quelques chiffres, bien choisis et le moins d'algèbre possible.

Il y a évidemment un grand nombre de points à examiner dans l'étude de la fonction auditive avec ses particularités chez un sujet donné, mais je trouve, pour ma part, parfaitement impossible à réaliser dans la pratique courante le relevé de *toutes* les particularités de chaque oreille, à des points de vue dont on pourra multiplier à plaisir le nombre. Certaines sont de première importance et doivent toujours être examinées ; les autres viennent apporter leur signification propre pour définir par leur concours le genre de lésion probable et classer cliniquement le trouble considéré ; mais si elles ont dans tel cas une grande importance, elles peuvent n'en avoir aucune dans tel autre, et il ne faut pas évidemment songer à en encombrer la pratique courante et à en surcharger la notation clinique.

Pour prendre un exemple qui rendra bien ma pensée, je dirai que la formule acoumétrique, que je voudrais voir adopter et entrer dans l'usage courant doit avoir dans le signalement d'un individu la simplicité de ce qu'on appelle *une pointure*. Il n'y a pas deux mains qui se ressemblent, ni deux pieds, et la notation morphologique ou physiologique d'une de ces extrémités pourrait comporter des termes en nombre infini ; et pourtant dans la pratique des bottiers et des gantiers tout se réduit à quelques pointures simples. On

chausse tant, on gante tel numéro, ou a telle pointure acoumétrique.

L'acoumétrie doit être avant tout la mesure de la capacité auditive pour les sons transmis par l'air (audition proprement dite) et pour les sons transmis par contact (paracousie de Weber). Il y a, en clinique surtout, un intérêt immédiat à comparer les valeurs respectives de ces deux modes d'audition, et pour les comparer, il faut que ces valeurs soient fournies par le même procédé d'évaluation. D'autre part, il est sans contredit infiniment plus rationnel de comparer des grandeurs connues que d'établir un rapport plus ou moins mal défini entre deux valeurs également ignorées.

Cette double observation nous permet d'écarter de la notation minima fondamentale :

1° L'examen par la *montre,* parce que toutes les montres ne sont pas équivalentes comme sonorité ; et que la graduation d'intensité, qui s'évalue par la distance, ne peut servir pour mesurer l'audition au contact, puisque, dans ce cas, la distance est constante;

2° Les nombreux modèles d'*acoumètres* sans graduation, pour des raisons analogues;

3° La *voix* haute ou chuchotée, pour ces mêmes raisons d'abord, et aussi parce qu'elle se gradue mal, la qualité d'articulation y complique la puissance phonale. La faculté de discernement et d'analyse, l'intelligence des sonorités complexes du langage est trop difficile à noter simplement, si important que soit son examen, pour que sa formule puisse entrer dans un énoncé acoumétrique simple ;

4° Les *sifflets* et instruments à sons aigus, parce qu'ils ont des intensités extrêmement variables d'abord ; ensuite parce qu'ils n'ont rien à voir, à cause de leur acuité, avec la perception au contact, et surtout parce qu'ils renseignent réellement fort peu sur la nature et le siège de l'obstacle à l'audition ;

5° L'*épreuve de Weber*, parce qu'au lieu de la comparaison mal définie qu'elle nous donne entre deux auditions dont aucune n'est évaluée, et cela par simple latéralisation, il est plus utile d'évaluer directement l'audition mastoïdienne de l'un et de l'autre côté ;

6° De même *l'épreuve de Rinne*. En évaluant avec précision et en les rapportant à la même unité sonore l'audition aérienne et la solidienne d'un même côté, on en sait plus qu'en recherchant simplement laquelle l'emporte sur l'autre ;

7° Et enfin l'*épreuve de Schwabach*, puisque nous avons la valeur exacte de l'audition par contact, qu'il nous suffit de rapporter à la normale.

Tous les acoumètres employés — ou abandonnés — reposent sur l'un ou l'autre de ces principes : faire entendre un son d'intensité constante à une distance variable ou un son d'intensité variable à une distance constante. Mais comme la clinique et la physiologie exigent souvent l'examen comparatif de l'audition à distance et de l'audition *au contact*, il faut s'adresser aux instruments à intensité variable, la variation de distance n'intervenant pas.

La source sonore est soit une boule métallique tombant sur un anneau (Itard) ou un marteau de métal tombant sur un tube (Politzer), ou une bille tombant sur

un diapason (Magnus) ou une goutte d'eau tombant sur une lame métallique (Lévy, Toulouse et Vaschide[1]) d'une hauteur variable et mesurée. On a employé aussi les séries de diapasons, de verges vibrantes, lames de boîtes à musique, accordéons, etc ; des audiomètres dans lesquels le bruit d'une montre est plus ou moins étouffé (Hélot, Ch. Henry) ; des diapasons électriques, des appareils téléphoniques (Hughes), etc. Tous ces appareils sont en réalité peu employés et fournissent des unités sonores peu pratiques.

Restent donc les diapasons.

Tout d'abord, est-il utile d'avoir une série de diapasons ? Sans doute, on n'a jamais trop de renseignements et tout a de l'intérêt en clinique, mais est-il utile que l'examen par la série des diapasons soit porté dans la notation courante ? D'abord, cet examen est rarement pratiqué, long pour l'opérateur et pour l'opéré, et surtout il renseigne peu, dans l'état actuel de nos connaissances physiologiques, sur l'état de la papille cochléaire, la théorie de Helmholtz et les autres qui lui ont succédé dans l'admission des localisations papillaires étant aujourd'hui justement abandonnées.

Quel diapason adopter ?

Un diapason grave, c'est-à-dire grand et lourd, conviendra seul à l'évaluation de l'audition au contact. Gradenigo se sert, pour l'épreuve de Weber et pour celle de Schwabach, d'un diapason de 128 vibrations, et pour celle de Rinne, d'un autre diapason de

1. Toulouse et Vaschide. Nouvelle méthode pour la mesure de l'acuité auditive pour l'intensité des sons. Académie des Sciences, 19 février 1900.

64 vibrations. J'ai proposé à la Société de Laryngologie, le 14 avril 1899, le diapason de 100 vibrations doubles qui a l'avantage de rester en dehors de tout système musical et d'être déjà d'un usage constant en chronographie. Il convient parfaitement à la mesure de l'audition aérienne et de la solidienne.

Il doit être assez fort pour être perçu du plus grand nombre de sourds. Il doit vibrer assez longtemps, mais pas trop, car l'expérience montre que si la durée de l'extinction du diapason laissé libre rend négligeables les erreurs de quelques secondes, en revanche, elle augmente la période d'incertitude pendant laquelle le sujet ne sait s'il entend encore ou s'il a cessé d'entendre.

Il ne portera pas d'étaux, qui peuvent se déplacer au moment du choc et ne sont pas toujours replacés au même point, ce qui altère les qualités physiques de la vibration.

Il n'est pas nécessaire, de plus, que le diapason ait une grande sonorité aérienne, car il importe que toute la sonorité vienne de la même source, que l'on examine l'audition aérienne ou la solidienne, et pour cette dernière, on ne peut utiliser que le pied du diapason. La plupart des auristes, dans l'épreuve de Rinne, par exemple, mesurent l'audition aérienne par le son produit à l'extrémité des branches, point où la vibration est molaire et la sonorité maxima, et ils évaluent ensuite l'audition au contact par le son qui émane du pied du diapason, où la vibration est moléculaire et la sonorité minima. Ce procédé est incorrect, car on ne doit pas comparer deux modes fonctionnels en les rapportant à des unités sonores

différentes. En plaçant le pied du diapason sur le tube otoscopique introduit dans le conduit auditif, au voisinage de l'oreille du sujet, on évaluera l'audition aérienne avec la même unité sonore que la solidienne, et on pourra se rendre compte soi-même de l'intensité sonore en jeu. Il importera donc peu que l'extrémité libre émette beaucoup de son ; il y a même avantage à ce qu'il n'en soit pas ainsi, quand on examine l'audition du diapason placé sur le genou, par exemple (paracousie lointaine), comme je l'ai conseillé antérieurement, car le diapason se fait entendre alors aussi par l'air, ce qui est une cause d'erreur.

J'ai donc fait construire, par M. Collin, un diapason type, donnant exactement 100 vibrations doubles, dont les branches ont une épaisseur croissante de bas en haut, sans étaux, sans harmoniques, et dont le son est assez puissant et d'une grande pénétration par le contact du pied.

Les dimensions sont les suivantes :

Hauteur de la branche..	**180**	**millimètres.**
Largeur au pied. . . .	**5**	**—**
— au sommet.. ,	**15**	**—**
Épaisseur.	**15**	**—**
Ecartement.	**20**	**—**

Comment se servir du diapason pour évaluer l'audition ?

Les auteurs allemands comptent le temps qui s'écoule entre le moment où l'on frappe le diapason et celui où l'on cesse de l'entendre. Or, ce temps varie avec la force avec laquelle le diapason est mis en vibration, bien qu'après le choc il s'établisse rapidement un régime de décroissance. Il est donc peu sûr

de prendre pour point de départ un phénomène aussi inconstant que la mise en vibration du diapason par une force évidemment variable.

J'ai proposé [1] une méthode optique d'une grande simplicité et qui donne des mensurations rapides, précises et délicates. A l'une des extrémités libres j'ai fixé une tige brillante qui peut se rabattre sur le corps de la branche quand le diapason ne sert pas.

Quand on fait osciller le diapason dans le plan de ses branches, en éclairant fortement, on voit que la tige donne une image plane et continue si le diapason ne vibre pas, ou vibre à peine ; mais l'image apparaît striée dès qu'il vibre sensiblement, et la striation est d'autant plus nette que l'amplitude de vibration est plus grande. Le passage de l'image striée, de moins en moins nette, mais longtemps perceptible, à l'image plane se fait rapidement, pendant quelques secondes d'incertitude à peine. Ce passage est le o de la graduation.

Une bonne oreille entend encore le diapason de 20 à 30 secondes après la disparition de l'image striée ; on note donc + 20 ou + 30.

L'audition est donc positive et vaut *n* secondes.

Une mauvaise oreille cessera d'entendre plus ou moins longtemps avant la disparition de l'image striée, et elle vaudra — *n* secondes, — ou vers le o, ou peu au-dessus.

Et cela pour l'audition aérienne, comme pour l'audition par contact à la mastoïde et au genou. Ces

1. Voir *Archives internationales de laryngologie*, p. 131, 1899.

trois mesures sont fondamentales. Selon qu'il s'agit, d'après l'examen de l'audition par le diapason placé sur le tube otoscopique, d'une audition bonne ou mauvaise, on opère différemment. S'il s'agit d'une bonne oreille, je cherche d'abord la disparition de la striation, et je compte combien de secondes l'audition persiste; s'il s'agit d'une mauvaise, je compte combien de temps s'écoule entre la cessation de l'audition et l'apparition de l'image plane.

Depuis, le Dr Gradenigo, au dernier congrès de Londres, en août 1899, a présenté une autre méthode optique, très élégante qui consiste à adapter à l'extrémité de l'une des branches une petite figure triangulaire :

Quand le diapason vibre, le blanc se superpose au noir d'autant plus que l'amplitude oscillatoire est plus grande et le petit triangle noir a une hauteur qui croît avec la diminution de l'amplitude; elle revient à la position d'immobilité, d'après l'auteur, au moment où une oreille normale cesse ou à peu près d'entendre. Ceci n'est naturellement exact que pour un diapason très grave, 48 vibrations. Dix dentelures des bords du triangle noir divisent la hauteur totale en dix degrés, et la simple inspection du triangle permet de reconnaître le degré d'audition sans aucun calcul, et sans faire intervenir la notion du temps.

Avec mon diapason de 100 vibrations auquel j'ai adapté l'image même publiée par Gradenigo, la position d'immobilité de l'image est atteinte naturellement longtemps avant qu'une oreille normale cesse d'entendre, et plus de quarante secondes avant que l'image striée de l'aiguille ait fait place à une image plane. D'autre part, il nous donne seulement le chiffre de 48 vibra-

tions, ce qui n'est que la vitesse, et non l'amplitude de la vibration. Or, c'est l'amplitude qui est ici en jeu, aussi bien pour le phénomène optique que pour l'auditif, et cette amplitude varie avec le diapason choisi, plusieurs sortes de diapasons pouvant fournir 48 vibrations avec des amplitudes diverses. Mais l'entente sur le diapason serait facile et le procédé reste excellent par sa jolie simplicité et sa précision relative.

Pour ma part, je trouve des avantages à l'évaluation en secondes, qui me permettra des graduations assez délicates dont je saisis les moindres variations d'un jour à l'autre, avant et après l'intervention, et facilitent les graphiques.

J'évalue donc la perception sonore, avec le pied du diapason,

1° Sur le tube otoscopique introduit dans l'oreille = A.

2° Placé sur la mastoïde (paracousie immédiate) = P.

3° Placé sur la rotule (paracousie lointaine) = p.

Une formule acoumétrique comporte uniquement ces trois chiffres, donc le dernier manque dans l'audition normale, et je n'ai qu'à les énoncer dans un ordre invariable, A. P. p., comme font les tailleurs pour leurs mesures. En voici quelques exemples :

OD = A + 15, P — 25, p. manque

ou simplement $\dfrac{+15 - 25}{+20 - 30}$

OG = A + 20, P — 30, p. manque

C'est une oreille sensiblement normale.

D = + 20 — 10 — 35
G = + 15 — 5 — 50

ou $\dfrac{+20 \mid -10 \mid -35}{+15 \mid -5 \mid -50}$

Cette pointure acoumétrique, la mienne, révèle une audition aérienne moyenne, avec une audition paracousique exagérée, surtout à gauche, du côté où l'aérienne est moins bonne. Cette différence entre la paracousie mastoïdienne droite et la gauche, sensible avec mon procédé, n'est pas assez accentuée pour faire apparaître le signe de Weber, et la latéralisation à gauche. Au genou, l'écart paracousique est plus sensible, — 35 à droite et — 50 à gauche, il coïncide avec une rhinite postérieure passagère et le diapason posé sur le genou droit se fait entendre plus longtemps que sur le gauche. D'ailleurs, ici, le signe de Weber apparaît, et au début, quand le diapason vibre fort, c'est dans l'oreille droite que je le perçois d'abord, même quand il est placé sur le genou gauche.

Ce signe du genou est très sensible, car à l'apparition du rhume, il apparaît chez moi avec autant de netteté que chez un vieux scléreux, entendant mal depuis plus de quinze ans et dont la formule, la pointure acoumétrique est

$$\begin{array}{l} D = -30 - 10 - 45 \\ G = -30 - 15 - 55 \end{array} \quad \text{ou} \quad \frac{-30 \mid -10 \mid -45}{-30 \mid -15 \mid -55}.$$

On voit immédiatement à la lecture que l'audition aérienne est négative, et assez fortement des deux côtés, que la paracousie mastoïdienne est sensible, mais moindre que chez moi ; il n'y a pas de signe de Weber, ni pour la mastoïde, ni pour le genou. En revanche le Rinne apparaît très nettement négatif.

Chez cette autre malade, affligée d'une sclérose

ancienne à droite, et d'une otite moyenne récente à gauche, je trouve

$$D = -45 - 10 - 65 \quad \text{ou} \quad \frac{-45 \mid -10 \mid -65}{-30 \mid -25 \mid -55}$$
$$G = -30 - 25 - 55$$

Les signes de Weber, de Rinne et de Schwabach sont ici très nets.

Un autre exemple montrera immédiatement le côté pratique de cet examen si simple et comment les variations délicates sont notées d'une façon saisissante.

P = — 60. — 40, manque
G = manque, — 10, manque. ou $\frac{-60 \mid -40 \mid -}{- \mid -10 \mid -}$

L'oreille gauche est presque totalement sourde pour la vibration aérienne, en revanche la paracousie y est très élevée à la mastoïde ; elle manque des deux côtés aux genoux.

La douche d'air de Politzer et le massage de Delstanche n'amènent aucun changement ; je pratique à l'aide de mon tympanomoteur quelques légères tractions élastiques sur la chaîne des osselets, et outre la diminution très sensible des bourdonnements et de la constriction labyrinthique, je trouve

— 30 — 45, manqne
?— 5, manque ou $\frac{-30 \mid -45 \mid -}{- \mid -5 \mid -}$

Du côté droit, le moins atteint, l'audition aérienne a augmenté, et la paracousie a diminué, ce qui est excellent ; du côté gauche, côté de l'otite, l'aérienne et la paracousie immédiate ont parallèlement augmenté. La variation de la transmission, qui a de ce côté favorisé simultanément l'audition et la paracousie s'est donc

nettement manifestée par un changement dans la formule acoumétrique.

En résumé, il ne faut que quelques minutes pour relever un état fonctionnel ou ses moindres variations, fussent-elles passagères. Sans doute, le procédé optique que j'ai recommandé et dont Gradenigo a fait un si joli emploi de son côté, l'emporte jusqu'ici sur toutes les méthodes connues, mais le dernier mot n'est pas dit dans cette utile recherche.

Quant à la capacité auditive en périodicités distinctes, nous savons que les sons les plus graves que nous possédons dans notre sensation auditive correspondent à 16 vibrations doubles par seconde et les plus aigus à 38 000.

Dans cet espace, de bas en haut, de grave à l'aigu, nous avons 11 octaves, c'est-à-dire qu'une périodicité prise dans les sons graves pourra se doubler 11 fois, ce qui fait une échelle considérable de tonalités puisqu'elle comprend 11 octaves, dans lesquelles nous percevons 5 376 tonalités différentes d'après HELMHOLTZ.

Quant aux variations en forme, elles sont sans doute extrêmes et nous n'avons aucune terminologie rationnelle pour justifier les timbres, aucun procédé pour les évaluer et les classer.

En résumé la sensation auditive est assez mal évaluée dans sa capacité par les physiologistes, faute d'étalon acoumétrique; d'ailleurs les chiffres ont ici une valeur très conventionnelle. La sensation auditive est soumise aux lois qui régissent toutes les excitations sensorielles et sensitives et qui seront exposées dans un autre volume de cette collection.

Dans une communication du 3 juillet 1897[1], à la Société de biologie de Paris, M. André BROCA remarquait que de même que la notion de couleur dépend, dans certaines limites, de l'intensité, de même par le son, il y a une loi analogue qu'on peut formuler ainsi : *Quand l'intensité du son diminue, le son monte, la période vibratoire du corps sonore restant constante* et parallèlement un son dont l'intensité augmente paraît plus grave. Il remarquait avec raison, comme application de cette singularité, que les premiers violons doivent jouer plus aigu pour rester justes quand ils ont à exécuter un *forte*, le *forte* ayant pour effet d'abaisser la tonalité.

Dans la séance suivante le 10 juillet[2], j'ajoute que cette observation s'applique non seulement aux instruments à cordes, mais aussi aux cuivres, pour lesquels la vibration des lèvres fixe la tonalité. De même le tambour, la caisse, les timbales jouent plus grave, quand ils jouent plus fort, ne pouvant pas modifier simultanément et volontairement la tonalité. Il en est de même pour les bois à anche; pour la flûte, l'intensité du souffle fait hausser naturellement la tonalité.

Dans les imitations du tonnerre au théâtre, le son est un peu plus grave dans le forte. Par le tonnerre lui-même, il semble au contraire que le son s'élève en devenant plus intense ; mais ici la tonalité

1. André BROCA. Influence de l'intensité sur la hauteur du son. *Société de biologie*, 3 juillet 1897.

2. P. BONNIER. Pourquoi la tonalité du son perçu par l'oreille varie-t-elle avec son intensité? *Société de Biologie*, 10 juillet 1897.

du tonnerre varie avec des causes multiples et rien ne permet de supposer que l'éclair ait une vitesse uniforme dans son trajet. Il produit donc des sons variant. De même un train dont le sifflet a une tonalité qui varie selon qu'il s'approche ou s'éloigne.

Dans tous ces phénomènes, il s'agit de variation dans l'intensité de la source sonore elle-même, et l'on peut se demander si la variation de tonalité est un phénomène objectif qu'enregistre l'oreille, ou si elle est au contraire un phénomène physiologique simple.

J'ai depuis longtemps observé, ainsi sans doute que beaucoup d'auristes, que dans certaines épreuves de l'ouïe où l'on fait varier le fonctionnement auriculaire, la source sonore ne variant pas, on constate également que la tonalité du son perçu varie avec son intensité, et cela dans le même sens qu'indique M. Broca, mais dans une proportion beaucoup plus sensible. Que l'on examine l'audition aérienne ou la transmission cranio-tympanique, que le diapason vibre auprès du méat sur un tube adapté au conduit, sur l'apophyse mastoïde ou sur le vertex, le son devient plus grave en devenant plus intense, plus aigu en s'affaiblissant, et les variations dépassent facilement le demi-ton.

Dans ces épreuves, que je n'énumérerai pas, et dont la technique est très variée, on fait en réalité varier l'intensité du son perçu, en modifiant les conditions de sa transmission, et les choses se ramènent aux conditions précédentes. Mais dans d'autres épreuves, le fonctionnement auriculaire est plus profondément troublé. Dans l'épreuve des pressions centripètes de Gellé, par exemple, on augmente la pression de l'air

du conduit, refoulant vers les papilles labyrinthiques les milieux inertes et suspendus de l'appareil de transmission. Une très faible pression augmente la densité de l'air du conduit, rend plus solidaires les parties conjuguées de l'oreille moyenne et le son apparaît plus fort *et plus grave*. Une pression plus forte gêne l'inertie des milieux oscillants, étouffe le son et le fait paraître *plus aigu*.

Si, un diapason vibrant près du méat de l'oreille, je m'incline en abaissant fortement la tête, la tension vasculaire et labyrinthique exagérée accroît la sensation sonore dans son intensité et abaisse la tonalité ; d'autres exemples nous montreraient encore que la variation de tonalité est liée au fonctionnement même de l'oreille et non au phénomène physique extérieur. Beaucoup d'affections de l'appareil de transmission vicient la justesse de l'audition tonale. D'ailleurs, nous savons que les variations d'intensité de l'ébranlement sonore n'influent pas sur sa périodicité ; mais, comme l'a remarqué M. Broca, et dans certaines limites, elles agissent *sur la vitesse de propagation*.

Ce point me semble intéressant à relever, car il doit constituer un argument de plus contre la malheureuse assimilation que fit Helmboltz de l'oreille à un appareil résonateur.

On sait qu'un son donné fait vibrer non seulement un résonateur propre, mais un peu aussi les résonateurs de tonalité toute proche. Si le son augmente, la résonance des résonateurs voisins comme tonalité sera naturellement plus manifeste, mais dans aucun cas ne supplantera la résonance du résonateur propre. Si notre oreille réagit tonalement d'une façon qui,

dans de certaines limites, varie avec l'intensité du son perçu, c'est une preuve de plus qu'elle ne fonctionne pas comme les résonateurs.

Si l'on se reporte au contraire à ma théorie de l'ondulation longitudinale et ascendante développée au niveau de la papille basilaire suspendue, et si l'on considère que cette ondulation longitudinale est conjuguée à l'oscillation transversale de l'extrémité actionnée, dans sa forme, dans sa périodicité, dans son intensité, il est facile d'admettre de plus que la vitesse de propagation de l'ondulation longitudinale, dans des proportions appréciables, varie avec l'énergie de l'oscillation transversale. Plus la secousse est forte, plus l'ondulation se propage vite, c'est-à-dire, *plus elle intéresse de longueur de corde dans une même phase ondulatoire.*

Si l'on reporte ce phénomène, facile à constater sur une corde suspendue, au cordon basilaire, on peut admettre que plus l'ébranlement transversal de la base est intense, plus la phase ondulatoire — dans de certaines limites, — occupe une grande portion de la papille cochléaire : c'est-à-dire qu'un même élément, situé à un point donné de la papille, sera ramené au même point de la phase ondulatoire selon une période d'autant plus longue que l'ébranlement sera plus intense. Il s'ensuit que, pour lui, la phase ondulatoire, tout en étant plus forte, sera plus lente et que le son perçu sera plus grave. Et comme il en est de même pour tous les éléments qui se suivent le long de cette papille, le son continu apparaîtra plus grave. Et inversement quand l'intensité diminue, le son continu est plus aigu.

Nous avons vu que la sensation auditive nous fournissait la perception sonore et que l'on trouvait dans le son les qualités correspondant à celles de l'ébranlement extérieur :

L'intensité correspondait à l'amplitude de l'ébranlement,

La hauteur correspondant à sa périodicité,

Le timbre correspondant à la forme de l'ébranlement et permettant de distingner toutes les variétés sonores, en dehors de l'intensité et de la hauteur, depuis la plus pure, correspondant à l'ébranlement le plus régulier de forme, c'est-à-dire le son, jusqu'aux plus complexes, correspondant à des formes irrégulières, c'est-à-dire les bruits. Il n'y a pas de limite entre ces deux extrêmes, car de la régularité absolue jusqu'à l'irrégularité infinie toutes les nuances peuvent s'observer. Le son comme le bruit a une force et une hauteur que l'oreille peut toujours apprécier, dans les limites de sa capacité auditive. Dans les sonorités très intenses ou très faibles, très aiguës ou très graves, l'appréciation physiologique est facilement en défaut, cela se conçoit.

Si l'on compare entre elles les sensations de lumière, de chaleur et de sonorité, on observe d'abord, comme nous l'avons fait déjà, qu'elles sont continues toutes trois et ne révèlent en rien l'existence de l'ébranlement lumineux, thermique ou sonore. Ce n'est donc pas par ce caractère qu'on les différenciera. Elles peuvent, nous l'avons dit aussi, être fortes ou faibles, et vont de l'imperceptibilité à l'éblouissement, à l'assourdissement, à l'anesthésie par excès de sensation. Elles peuvent se classer par tonalités, par degrés, par

nuances le long d'une échelle de valeurs et d'acuités. De plus leur origine extérieure est localisée, si elle est au contact, ou orientée si elle est à distance. Toutes ces qualités sont communes aux trois sensations. Elles sont toutes trois extériorisées par un même mécanisme dont nous allons parler.

Pour Bechterew, l'objectivation, l'extériorisation est extrêmement difficile à comprendre si l'on ne fait pas intervenir les fibres centrifuges récurrentes, qui descendent le courant ascendant des voies sensitives centripètes, et vont des centres vers la périphérie. Je pense que cette action d'extériorisation peut s'expliquer autrement et que les fibres récurrentes n'y jouent pas le rôle supposé, lequel serait d'ailleurs tout aussi difficile à comprendre dans son mécanisme. J'ai fait observer autrefois dans mon livre sur le *Vertige*, et j'y suis largement revenu dans un livre plus récent sur l'*Orientation*[1], que tout appareil sensoriel localisait par le fait seul que chaque point de la périphérie sensorielle était conjugué à un point des centres et qu'il suffisait que tel point d'une surface sensorielle fût intéressé pour que l'excitation centrale se produisît en tel point de la surface, de l'étendue des centres, et en nul autre. A la distribution sensorielle périphérique correspond une distribution sensorielle centrale, et l'orientation se fait directement par distribution topographique dans nos centres. C'est tel point de nos téguments qui est touché et non tel autre parce que c'est tel point de nos centres qui est irrité et non tel autre. L'orientation est automatique. De même quand il

1. L'orientation. Coll. *Scientia*, Carré et Naud, 1900.

s'agit, non plus d'une sensation tactile, mais d'une irritation papillaire, rétinienne ou sacculaire.

Or, la distribution des sensations tactiles a pour champ périphérique le champ même de nos téguments ; les sensations tactiles ne dépassent pas le contact dans leur extériorisation.

Pour la vue et l'ouïe, c'est une sorte de tact à distance et l'orientation, la perception stéréoscopique ou stéréacousique localisent à distance et par conséquent extériorisent. De plus le contrôle que les sens exercent entre eux et sur eux par la superposition de leur orientation et de leur localisation nous apprend très vite que la portée de la vue et celle de l'ouïe dépassent de beaucoup celle de notre tactilité. L'extériorisation qui s'est faite directement par chaque sens se fait donc bientôt aussi indirectement. La récurrence des fibres nerveuses doit être employée à toute autre chose. J'y verrais volontiers soit un appareil de modération automatique, absorbant et dispersant l'influx trop vif par des courts circuits employant l'excès d'irritation à neutraliser, en amont, l'afflux exagéré et à protéger ainsi les centres eux-mêmes, — soit, comme certains auteurs, un appareil d'inhibition jouant le même rôle de protection, ou au contraire contribuant par voie centrifuge à l'éveil de l'attention élémentaire. C'est une des plus intéressantes questions de la physiologie de la conduction, et le jour où elle sera résolue pour la simple voie de conduction de neurone en neurone, nous en saurons beaucoup par cela même sur les fonctions des vastes systèmes d'association qui s'étendent en tous sens dans la masse sous-corticale du cerveau et sur les neurones étagés de l'écorce.

Donc ce caractère d'extériorisation est commun aux trois ordres de sensation que nous comparons. Demandrons-nous à la diversité de modalité vibratoire qui sépare l'ébranlement thermique des sonores et des lumineux, de classer les trois sensations, ce serait un cercle vicieux et nous devons définir la sensation sans nous aider de ses sources extérieures que nous ne connaissons, sensoriellement, que par elle-même.

L'anatomie ne peut nous dire si tel morceau d'écorce est le siège des sensations thermiques, lumineuses ou sonores ; nous ne le saurons que si nous y voyons l'aboutissant des conducteurs visuels, tactiles ou auditifs, et encore ceux-ci ne seront classés que par les points de départ périphériques, peau, œil ou oreille.

A les considérer avec notre vision anatomique actuelle, nous devons admettre que les centres corticaux ganglionnaires, que les conducteurs corticaux ou périphériques des appareils de la tactilité, de la vue et de l'ouïe, sont sensiblement identiques et il semble que l'on pourrait substituer les uns aux autres sans inconvénients. — Supposons que nous puissions étaler le ganglion spiral de Corti à la place de la couche ganglionnaire de la rétine, les plexus formés par les fibres périphériques du nerf cochléaire s'insinueraient à travers la couche des fibres de Muller comme ils s'insinuent à travers les cellules de Deiters et les piliers pour aller saisir la grosse extrémité des cellules à cônes et à bâtonnets comme elles embrassent la grosse extrémité des cellules ciliées de Corti et anatomiquement parlant, la pensée opère volontiers cette substitution.

A première vue donc la spécificité sensorielle réside tout entière non dans l'appareil nerveux, mais dans l'épithélium papillaire. On ne peut dire qu'elle ne soit que là, mais elle y est certainement. A part le dispositif organique qui conduit en le modifiant, dans le sens le plus utile physiologiquement parlant, l'ébranlement à la papille, l'élément épithélial est très différencié d'un appareil sensoriel à l'autre. Que l'élément tactile soit fait pour réagir à l'action de la chaleur cela ne fait pas de doute ; de même l'élément rétinien est approprié à l'irritation lumineuse et l'élément cochléaire à l'irritation auditive. Mais par cela même que l'élément est approprié à un certain mode d'irritation, il manifeste sans doute aussi un certain mode de réaction, d'excitation spécifique, car son protoplasma doit offrir des adaptations réactionnelles extrêmement différenciées comme sa morphologie générale elle-même. L'anatomie distingue immédiatement un bâtonnet d'une cellule de Corti ou d'un corpuscule tactile, par la morphologie générale de l'élément. Si nous possédions un réactif histochimique assez délicat pour différencier la matière protoplasmique de ces éléments, nul doute que les caractères ne soient très saillants. Quant aux différences au point de vue réactionnel, elles sont aussi grandes que celles que nous connaissons entre les sensations visuelles, thermique et sonore.

Nous ne pouvons donc admettre, puisque les éléments sensoriels sont différents, puisque leurs réactions sont différentes, que les extrémités nerveuses qui les interrogent par leurs ramosités n'en tirent pas des excitations également différentes.

L'élément de la couche ganglionnaire de la rétine est le siège d'une irritation nerveuse toute différente de celle de la couche ganglionnaire du ganglion de Corti, toute différente de celle des cellules des ganglions spinaux. Mais ici, les différences ne dépassent pas l'immense compréhension sensorielle des éléments nerveux, et les cellules de toutes ces couches ganglionnaires sous-papillaires peuvent être le siège d'irritations très différentes dans leurs modalités sans que leur structure en soit même effleurée dans sa formule anatomique et même physiologique.

Nous pouvons donc admettre que par l'extrême latitude des adaptations sensitives de toute cellule nerveuse, des éléments d'aspect identique gardent l'intégrité de leur aspect physique sans subir aucune déformation en quelque sorte professionnelle. Cela veut-il dire qu'un élément pris dans un appareil sensoriel donné est identique à un autre élément pris dans un autre appareil? Nullement. Il est toujours exact que la fonction crée l'organe.

Depuis que par notre évolution ontogénétique, c'est-à-dire au cours de notre existence individuelle, nous avons entendu pour la première fois, tout notre appareil auditif, depuis la papille jusqu'à l'écorce temporale, n'a été sollicité que par des excitations de même ordre, extrêmement variées sans doute, mais toujours dans la même modalité sensorielle. Tout ce domaine est resté auditif, et purement auditif; les domaines visuels et tactiles sont situés autre part et aucune irritation d'origine rétinienne ou tégumentaire, de nature visuelle ou tactile n'a pu s'égarer dans le domaine auditif. La spécificité fonctionnelle est avant

tout d'ordre anatomique. Ce sont des réseaux sensoriels où il ne passe que des impressions à point de départ auriculaire et à aboutissant auditif.

Mais il y a plus; si cet exercice individuel de la faculté auditive a réagi sur l'organe central de l'audition, par combien d'années, de siècles d'exercice auditif ce même réseau sensoriel, ce même domaine anatomique n'a-t-il pas été déterminé, adapté, préparé, pour que, si peu de temps après la naissance, l'ébranlement de l'air ait pu faire naître dans nos centres une sensation auditive? Ce domaine est auditif de par la préformation séculaire, archimillénaire; il y a des milliers de siècles que cet organe ne sert qu'à cela, et il ne sert qu'à cela depuis notre naissance. Comment ne serait-il pas hautement différencié dès la formation de l'être; rien d'étonnant à ce que, dès que l'appareil est mûri et isolé par la myélinisation, il donne uniquement et immédiatement la réaction auditive et nulle autre. Quoi d'étonnant à ce que son irritation même, en dehors même de l'habituelle et normale excitation papillaire, donne une réaction auditive et rien qu'auditive? Le contraire serait incompréhensible.

Quand Bechterew écrit: « Admettre la spécificité d'une fibre ou de sa terminaison, c'est admettre une fonction préformée: en dehors de la structure anatomique il n'y a qu'une chose de préformée, de préexistant à chaque excitation venue de la périphérie: c'est le souvenir laissé par les excitations antérieures » —; il oublie de compter parmi les excitations antérieures l'action évolutive du fonctionnement auditif pendant des milliers de siècles et le

souvenir tout morphologique et facilement fonctionnel que l'exercice d'une fonction pendant toute l'évolution de l'espèce laisse dans chaque organe. Je suis convaincu que chez un sourd-muet de naissance dont l'appareil auditif n'a jamais fonctionné et chez qui il ne peut y avoir eu par conséquent d'excitation antérieure, une excitation de l'appareil auditif central s'il provoque une sensation quelconque, éveillera une irritation auditive et rien d'autre.

J'admets donc la spécificité nerveuse et corticale, malgré l'uniformité des neurones tout aussi volontiers que j'admets la spécificité glandulaire malgré l'uniformité des cellules qui sécrètent. L'ontogénie ne fait que parcourir, entretenir et développer les voies tracées par la phylogénie.

Revenons donc à notre comparaison des trois sensations auditive, visuelle et thermique. Elles ont de grands rapports entre elles, mais présentent aussi des différences fondamentales dans le mode d'excitation périphérique, déterminé par la forme de l'agent extérieur d'irritation, et aussi dans l'appropriation de l'appareil nerveux lui-même à un exercice tout à fait spécifique aussi bien dans l'ontogénie que la phylogénie. Donc ces sensations diffèrent par la nature même de l'irritation nerveuse qu'elles manifestent. Ajoutons que chacune d'elles a son siège, son domaine dans le champ de la conscience et dans l'étendue de la topographie corticale.

Précisément parce que leurs domaines sont distincts, organiquement et physiologiquement parlant, elles ne sont pas réductibles entre elles ; et n'ont pas commune mesure. Cependant il est un terrain où

elles peuvent se superposer, c'est celui de l'orientation objective. C'est le même espace qui apparaît avec ses mille nuances de lumière, de sonorité, de température. Le même point, une flamme de gaz, peut être brûlant, lumineux et sonore. Ce n'est que par la superposabilité des multiples aspects sensoriels d'une même chose, par leur unique localisation au même point, que cette chose prend son objectivité. Tout aspect sensoriel ne définit quelque chose, que parce qu'il y a un quelque part. Chaque sens, en même temps qu'il analyse, localise, et si les analyses ne sont pas comparables et réductibles de sens à sens, elles sont toutes superposables par l'identité de localisation.

Néanmoins la transposition sensorielle, sinon la superposition de modalité à autre, est le résultat d'associations intercentrales qui chez certains individus s'effectuent avec une facilité remarquable. Nous en trouvons des traces dans le langage. On dit facilement que tel vent est dur, que la bise est aigre, que tel coloris est chaud, que telle harmonie est moelleuse, que telle expression nous heurte, et que telle voix est blanche, etc. Mais cette transposition n'existe pas que dans le langage, elle existe dans la sensorialité elle-même, on connaît les cas aujourd'hui nombreux d'*audition colorée,* relevés par tant d'observateurs ; et les plus beaux, qu'on ne cite jamais, sont précisément les remarquables analyses du prélude de Lohengrin dues à des littérateurs célèbres. La transposition intercentrale indique d'une part un certain déséquilibre dans le champ de la sensorialité consciente, et d'autre part une grande puissance d'analogie. Malheureuse-

ment c'est aussi un champ fertile pour l'autosuggestion ; tous les sens y sont soumis, il y a la gustation colorée, l'olfaction colorée et on peut combiner d'avance tous les troubles observés ou à observer.

L'audition donne une signification intellectuellé et sensuelle aux phénomènes sonores du monde extérieur. Par elles se produit ce que nous pouvons appeler le langage des choses et le langage des gens. Nous savons, par l'appréciation de tel bruit, que c'est le parquet qui crie, la porte qui grince, la fenêtre que le vent fait battre, que la pluie arrive sur nous et que la marée remonte. Les voies de la nature ont une signification par laquelle elles se dénoncent elles-mêmes et nous révèlent leurs conflits et leurs variations.

Par l'expérience nous comprenons ce que tel bruit veut dire et nous l'interprétons intellectuellement. Plus directement il nous est agréable ou pénible, indépendamment de toute idée qu'il puisse éveiller en nous. Pourquoi une sonorité est-elle agréable ou penible ? Elle est pénible quand elle violente notre appareil percepteur par sa force ou son extrême acuité. Elle l'est encore quand elle nous impose la complexité de sa forme et que cette complexité choque notre quiétude sensorielle. La loi du moindre effort intervient ici naturellement, en considérant non pas seulement l'effort le plus petit, mais aussi l'effort le mieux préparé, celui auquel nous sommes entraîné ou amené par un état sensoriel antérieur. Telle note discordante en ce moment sera du plus bel effet euphonique ou mélodique en un autre passage. Tel son pur sera agréable en lui-même en tel

moment et paraîtra désagréablement vide et pauvre en tel autre moment. Il y a une loi qui domine cette esthétique, c'est celle des *affinités tonales*, qui est la base de toute musique.

L'affinité tonale réside dans la simplicité des rapports numériques entre les périodicités respectives des sonorités associées simultanément ou consécutivement. C'est la base de la formation de la gamme diatonique, le squelette de la musique moderne. Je vais insister sur sa formation, que j'ai étudiée ailleurs, en 1895[1].

Deux ébranlements sollicitant simultanément l'inertie des éléments de l'oreille peuvent additionner ou opposer leurs effets.

Deux ébranlements de même périodicité qui additionnent tous leurs effets, c'est-à-dire dont les oscillations sont superposables à chaque instant, sont dits à l'*unisson*.

Ceux dont les périodicités sont dans un rapport tel que chaque oscillation du plus lent s'ajoute seulement à une oscillation sur deux qu'exécute l'autre dans le même temps, forment l'*octave*. Le plus aigu est dit l'octave du premier, ou second harmonique, le premier étant l'unisson.

Si le plus rapide fait trois oscillations pendant que le plus lent n'en fait qu'une, il constitue le troisième harmonique, et ainsi de suite pour le quatrième, cinquième,...... dixième *harmoniques*.

Ce renforcement périodique affirme à la fois les

1. De la nature des phénomènes auditifs. *Bulletin scient.* de Giard, mai 1895.

deux perceptions, c'est-à-dire que le son fondamental renforce une sur deux, sur trois, sur quatre des oscillations de ses harmoniques aigus, et qu'inversement il est renforcé par elles. Il y a donc *sympathie physiologique* puisqu'il y a concordance plus ou moins complète dans les sollicitations simultanées. La perception des deux sons prend par suite un caractère de simplicité, de facilité, d'harmonie, d'où résulte pour les sons une sorte de plastique auditive, qui est la base de la musique rationnelle.

Ces sons concordants n'ont pas seulement des rapports harmoniques de périodicité avec le son fondamental, ils peuvent en avoir également entre eux ; ainsi 4 est l'octave de 2, 6 l'octave de 3, etc. Tout le système est donc cohérent et revêt le son fondamental, le plus renforcé de tous et le pivot de l'harmonie totale, d'un éclat particulier et d'une véritable *individualité tonale*, qu'on appelle *timbre* quand l'oreille reconnaît une même origine dans l'espace aux sons harmoniques combinés, et *accord* quand ils proviennent de sources extérieures distinctes et reconnues telles.

L'accord et le timbre varient par la combinaison des valeurs et des intensités respectives des sons harmoniques combinés, dont certains peuvent manquer sans altérer la personnalité harmonique de l'ensemble.

La perception esthétique des sons harmoniques a été l'origine de la plastique musicale dont les règles, toutes physiologiques, ont conduit, après des siècles de tâtonnements dans la théorie physique, à la gamme diatonique *normale*. En voici les éléments :

DEGRÉS						
Harmonique	Diatonique					
1er	1er (ut1) = (Unisson).					
2e	8e (ut2) = (Octave).					
3e	12e (sol2) qui, descendu d'une octave					3 : 2 = (Quinte $\frac{3}{2}$).
4e	15e (ut3)	—	—	—		4 : 2 = 2, double l'octave.
5e	17e (mi3)	—	deux	—		5 : 2^2 = (Tierce majeure $\frac{5}{4}$).
6e	19e (sol3)	—	—	—		6 : 2^2 = 3 : 2, double la quinte.
7e	21e (si♭3)	—	—	—		7 : 2^2 = (Septième tonale $\frac{7}{4}$).
8e	22e (ut4)	—	—	—		8 : 2^2 = 2, double l'octave.
9e	23e (ré4)	—	trois	—		9 : 2^3 = (Seconde majeure $\frac{9}{8}$).
10e	24e (mi4)	—	—	—		10 : 2^3 = 5 : 4, double la tierce maj.

:

Sans dépasser le dixième harmonique, nous voyons que les sons concordants ont des affinités et des synergies esthétiques de valeur inégale suivant leurs rapports avec la tonique ou premier harmonique.

La tonique renforce tous les sons harmoniques et est renforcée par tous ; c'est-à-dire que tout l'ensemble affirme la perception de la note fondamentale et les autres harmoniques gravitent en quelque sorte autour d'elle à des distances plus ou moins grandes, ou si l'on veut, avec des *attractions* plus ou moins sensibles. Il est évident par exemple que l'octave renforce bien plus sa fondamentale et se trouve bien plus renforcée par elle, que le dixième harmonique ou vingt-quatrième diatonique, puisque la coïncidence a lieu une fois sur deux pour la première, une fois sur dix pour la seconde.

De plus, *ces sons harmoniques se renforcent*

entre eux; ainsi, jusqu'au dixième harmonique, l'octave est doublée deux fois, la quinte une fois, la tierce majeure une fois. Ce seront les notes constitutives du *timbre parfait* ou de l'*accord parfait,* selon l'unité ou la diversité de l'origine dans l'espace. On chiffrera :

1	$\frac{5}{4}$	$\frac{3}{2}$	2
Unisson.	Tierce majeure.	Quinte.	Octave.

A un second degré de consonnance, tout aussi parfait, mais moins riche et de moindre affinité, s'ajouteront la septième tonale, puis la seconde majeure, et nous aurons ainsi une première gamme :

1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	.	$\frac{3}{2}$	.	$\frac{7}{4}$	2
(ut)	(ré)	(mi)		(sol)		(*si* ♭)	(ut²)

dont les termes appartiennent au système tonal de ut $=$ 1.

Nous l'appellerons *système authentique*.

Il manque à cette gamme authentique deux termes pour devenir la gamme diatonique. L'unisson et l'octave ne peuvent rien faire naître de plus dans ce système. Le troisième harmonique 3, ou son octave $\frac{3}{2}$, qui l'introduit dans la gamme, présente après l'octave les plus grandes affinités avec l'unisson. On peut imaginer un second système authentique, tel que l'octave du premier forme avec la note fondamentale du second le rapport $\frac{3}{2}$, c'est-à-dire le rapport de quinte avec sa puissante affinité. Ce second système aurait l'octave du premier pour quinte et ferait ainsi avec cette

octave et les autres harmoniques un échange de renforcements vibratoires qui les unirait sympathiquement. Ce second système est dit *système plagal.*

Pour le transcrire dans la notation du système authentique, nous chiffrerons :

Unisson plagal $P \times \frac{3}{2} = 2$, d'où $P = \frac{4}{3}$ (*Quarte*).

Ce système plagal aura pour quinte $\frac{4}{3} \times \frac{3}{2} = 2$, l'octave authentique ; pour tierce majeure $\frac{4}{3} \times \frac{5}{4} = \frac{5}{3}$ (*Sixte majeure*).

Cette gamme complexe formée par les dix premiers harmoniques du système authentique, et les cinq premiers du système plagal correspondant, se composera donc de huit notes :

	SYSTÈME AUTHENTIQUE	SYSTÈME PLAGAL	GAMME DIATONIQUE
1	Unisson	—	UT
$\frac{9}{8}$	Seconde majeure	—	ré
$\frac{5}{4}$	Tierce majeure	—	mi
$\frac{4}{3}$	(Quarte)	Unisson	FA
$\frac{3}{2}$	Quinte	Seconde majeure	sol
$\frac{5}{3}$	(Sixte majeure)	Tierce majeure	la
$\frac{7}{4}$	Septième tonale	—	*Si* ♭
2	Octave	Quinte	ut

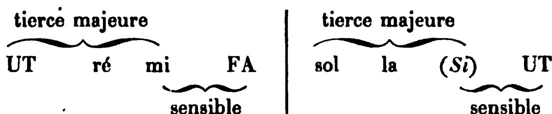
La quinte authentique coïncide avec la seconde plagale $\frac{4}{3} \times \frac{9}{8} = \frac{3}{2}$. Mais la septième authentique ne constitue pas une quarte plagale, et cette discordance sera la cause d'une foule d'hésitations dans l'adoption de cette septième, définitivement abandonnée lors de l'installation du tempérament égal.

On conçoit aisément que cette gamme se soit imposée avec le temps et qu'elle ait survécu aux systèmes anciens dont elle s'est dégagée peu à peu, à travers les formations esthétiques et physiques les plus variées dont nous n'avons pas à refaire l'histoire. Cette gamme *diatonique majeure* ne s'est affirmée que progressivement, quand l'éducation de l'organe auriculaire a rendu de plus en plus exigeante l'esthétique physiologique, quand la délicatesse d'analyse auriculaire a fait la conquête définitive du rapport $\frac{5}{4}$, c'est-à-dire du cinquième harmonique du timbre devenue la tierce majeure de l'accord. C'en fut fait dès lors des nombreuses gammes mineures, à tierce mobile également étrangères au système tant authentique que plagal, d'une instabilité harmonique dont les ressources infinies ont alimenté toute la musique ancienne, la musique populaire moderne, et les intonations du langage parlé de tout temps.

Plus tard, la *septième tonale*, si utile pour les modulations descendantes, a été éliminée par la réapparition fatale de l'ancienne division de la gamme en deux tétrachordes disjoints, dont l'un avait pour fondamentale la tonique et l'autre la quinte, réapparition qui est l'origine même de la fugue ; tous deux

ont une seconde et une tierce majeures ; cette tierce majeure fixe, pour le tétrachorde inférieur, la sensible du ton plagal, et pour le tétrachorde supérieur la sensible de l'octave authentique.

$$\frac{3}{2} \times \frac{5}{4} = \frac{15}{8} \text{ sensible, soit } \frac{7,5}{4}$$



La septième tonale disparut donc par le besoin d'une tierce majeure dans le tétrachorde de quinte ; le besoin était physiologique et sa satisfaction permit de réaliser, avec la gamme diatonique, le style fugué et toutes les formations musicales polyphoniques qui suivirent. Cela est d'autant plus net que la sensible n'a vraiment d'affinité ascendante vers la tonique que si la quinte se fait entendre simultanément ou se laisse sous-entendre.

La seconde majeure est la dernière venue dans la gamme authentique ; et elle se trouve, comme la tierce majeure, dans les deux tétrachordes disjoints qui forment la gamme.

1° Notre gamme diatonique actuelle est donc formée primitivement du système authentique qui donne l'unisson, la seconde majeure, la tierce majeure, la quinte, (la septième tonale) et l'octave ;

2° du système plagal qui y ajoute la quarte, la sixte majeure et confirme la quinte et l'octave ;

3° les notes du système plagal sont absorbées par le système authentique, et la nouvelle gamme ainsi

formée se décompose en deux tétrachordes disjoints, formés l'un et l'autre d'une fondamentale, d'une seconde majeure, d'une tierce majeure qui fait sensible, et d'une quarte. Les notes d'un tétrachorde font donc le passage du ton authentique à son plagal.

La tierce majeure du second tétrachorde forme la sensible de la gamme complète, et son affinité pour l'octave se révèle sous l'action de la quinte comme l'affinité de la tierce majeure pour la quarte se produit sous l'action indirecte de la note fondamentale. Toutes les modulations majeures sortent de cette double affinité et du passage qu'elles permettent du ton authentique au ton plagal et inversement.

Quand nous aurons ajouté, sans entrer dans de plus grands détails, que le besoin physiologique qui domine toute la musique, comme les autres exercices esthétiques, est la nécessité de repos fréquents dans des attitudes faciles et simples, c'est-à-dire dans des sonorités précises et de composition stable, nous en aurons fini avec la musique.

Les mouvements coordonnés qui caractérisent les modulations et le passage d'un accord à un autre ont toujours pour but de résoudre des combinaisons complexes ou peu tonales en des combinaisons simples et aussi unitonales que possible. Les repos se sont faits d'abord surtout sur les unissons, puis les octaves, puis les quintes et les tierces majeures.

Deux sons réunis dans un accord cherchent à se rapprocher ou à s'écarter de façon à former une combinaison tonale d'un rapport plus simple avec le moins de déplacement possible. On pourrait préciser davantage et déterminer les affinités harmoniques de tous

les accords et de leurs résolutions et fixer ainsi les règles de la plastique musicale, en dehors de son application à l'expression définie.

L'apparition des appareils à sons fixes et à clavier, c'est-à-dire l'intervention du *machinisme* dans l'art musical, a supprimé un certain nombre des affinités de la gamme et a introduit des modulations de complaisance, tout à fait factices et que peuvent seules faire accepter l'incessante mobilité des dessins mélodiques et la superposition des marches diatoniques, déjà si remarquables dans la phase initiale de la musique polyphonique.

L'enharmonie, cette source inépuisable de l'expression tant mélodique qu'harmonique, si riche et si variée, si humainement expressive dans le chant et l'orchestre wagnériens par exemple, se trouve figée une fois pour toutes dans les douze demi-tons du clavier, et la voix humaine, si merveilleusement enharmonique dans le chant et plus encore dans le langage, subit d'une désastreuse façon l'influence des instruments à sons fixes.

Les gammes mineures n'ont que des affinités d'octave, de quinte, de quarte et de seconde. L'élément tierce et avec lui l'élément sensible manquent dans les deux tétrachordes. Elles sont surtout propres aux formes mélodiques qui se développent isolées ; leur harmonie est pauvre, déprimée, monotone et ne peut se maintenir longtemps ; leur expression se manifeste surtout dans les formes descendantes. Le besoin du cinquième harmonique s'impose bientôt, comme tierce ou comme sensible $\frac{5}{4}$ ou $\frac{15}{8}$.

Les différents accords formés par les sons diatoniques de la gamme naturelle ont entre eux des affinités composées qui constituent la base de l'harmonie et de la mélodie diatoniques. Une altération dans la formule d'une note, si elle est suffisamment accentuée, provoque l'apparition de nouveaux systèmes diatoniques, ce qui forme le jeu des *tonalités* associées, soit dans l'harmonie, soit dans la mélodie. Le passage d'une tonalité à une autre se fait par l'intermédiaire des notes communes aux deux tonalités, que l'on accentue, et par l'altération de certaines autres notes qui orientent le premier système harmonique vers la formule du second. C'est ce qu'on appelle *modulation*. Les plus simples et les plus fortes se font sur les notes plagales, par marches de quintes ou de quartes à la base. C'est sur ces accords que l'oreille saisit le mieux les affinités nouvelles, et peut varier ses perceptions sans se départir d'un certain équilibre harmonique.

Il existe d'autres associations de sons non plus harmoniques, mais phonétiques, ce sont les timbres vocaliques, ou *voyelles*, produits par l'action des résonances buccales et naso-pharyngiennes sur le son glottique fondamental. De même les modifications mimiques internes des parties molles, des lèvres, du voile du palais, de la langue et des constricteurs de la bouche et de la gorge, et leurs rapports variables avec les parties rigides de l'appareil phonateur, retentissent sur l'émission de l'air et la qualité du son ; ce sont les caractères consonantiques, ou *consonnes*, sonores ou sourdes, comme les voyelles elles-mêmes,

selon qu'il y a ou non son glottique. L'oreille analyse ces sons articulés et leur reconnaît des particularités que les centres de la mémoire auditive verbale rapportent à des images psychiques dont le jeu constitue la partie centripète du langage intérieur.

Nous n'avons pas à étudier ici le langage en tant que fonction expressive, car ce sujet sera traité dans un autre ouvrage de cette collection. Remarquons seulement que le langage est né au moment où la corticalité, chez les animaux supérieurs, commença à capitaliser la motricité sous toutes ses formes et à accaparer sous forme de volonté et de conscience réfléchie les manifestations diverses de la vie motrice et sensitive. Par une spéculation progressive se développa cette faculté imaginative que nous nommerons notre volonté consciente et nous pûmes reproduire volontairement des manifestations toutes réflexes, spontanées, de nos sensations et de nos désirs. Ces manifestations dont le centre était autrefois la protubérance furent captées et tenues sous la domination du vaste manteau cortical dont les innombrables associations anatomiques et fonctionnelles forment ce que nous appelons conscience, c'est-à-dire centralisation d'une foule de perceptions localisées topographiquement, mais unies et tenues en cohésion par l'exercice d'un infini réseau de voies d'association. Notre conscience est l'état collectif d'une foule de consciences spéciales et son siège organique est toute la corticalité.

De nos zones corticales d'attitudes, c'est-à-dire des circonvolutions centrales, de nos zones d'appropriations motrices, une partie, nettement en rapport avec les zones sensorielles des images auditives, utilisa ce

contrôle pour la production volontaire de sonorités glottiques et buccales que réalisait avant elle le jeu direct des centres bulbo-protubérantiels, et le langage articulé naquit de l'imagination au niveau des centres corticaux du langage primitif spontané et sans images réfléchies et capitalisées par l'écorce. Quand le cerveau commença à s'essayer à reproduire les sonorités que telle sensation arrachait à sa protubérance, il réalisa le langage.

Nous avons étudié jusqu'ici la sensation auditive dans sa forme élémentaire et dans ses rapports immédiats avec le milieu cérébral. Il nous faut revenir sur certains de ses caractères et aussi sur les variations et perturbations nombreuses qu'elle présente.

On a mesuré (WUNDT) la rapidité avec laquelle s'éveillait la sensation sonore, et cette rapidité a été trouvée moins grande que celle des autres sensations. Il faut distinguer ici d'une part le phénomène de l'irritation nerveuse, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre l'irritation périphérique, l'excitation au niveau de la papille auditive, et l'irritation centrale consciente, c'est-à-dire l'excitation au niveau des éléments de l'écorce du lobe temporal, — et d'autre part, la mise en branle, la mise en oscillation totale des milieux suspendus de l'appareil de transmission.

On sait que l'ensemble de ces phénomènes, transmission et perception, exige une durée de temps très minime, mais elle est mal établie jusqu'ici. On sait, d'après les recherches d'ABRAHAM et de BRUHL, qu'un son de plus de 3 000 vibrations peut être exactement

perçu même s'il ne dure que soixante-trois dix millièmes de seconde. Je remarquerai en passant que toutes les recherches les plus récentes et les plus précises sur l'analyse de la sensation auditive aboutissent à la condamnation de la théorie des résonateurs (STUMPF et MEYER) appliquée au mécanisme de l'audition.

La mise en branle de l'appareil de transmission présente plus ou moins de facilité, et il doit y avoir des différences individuelles considérables, mais qu'il nous est impossible d'évaluer. Plus un son est intense, plus la mise en branle est rapide, mais aussi plus nécessairement intervient le réflexe frénateur de protection et d'interception.

L'appareil des muscles tympaniques, c'est-à-dire le muscle du marteau, frénateur tympanique externe, et le muscle de l'étrier, frénateur tympanique interne, maintient les articles suspendus de la chaîne des osselets dans un état d'élasticité spécial, lié à l'application de la tonicité musculaire aux deux extrémités de la chaîne. L'attention porte au maximum cette délicatesse de suspension, et par conséquent cette susceptibilité aux sollicitations vibratoires.

Inversement l'appréhension d'un ébranlement trop brutal se traduit par la contraction préventive de l'appareil moteur, correspondant au clignement des paupières destiné à amoindrir le heurt d'une lumière trop éclatante. L'attention porte aussi sur l'appareil central lui-même et sur la définition corticale de l'image auditive.

Cette tension musculaire et centrale est très fati-

gante, et la face du sourd qui veut entendre exprime profondément cette fatigue.

Beaucoup de personnes reconnaissent leur surdité à la difficulté qu'elles éprouvent non à percevoir les sons, mais à en distinguer plusieurs à la fois. Tel sujet suivra une conversation à deux tenue à voix peu élevée, et sera incapable de comprendre une conversation à voix haute dès que plusieurs personnes causeront simultanément.

De même le bruit diminue l'audition à cause de la complexité d'analyse qu'il impose à l'oreille et aussi parce qu'il absorbe les délicates sonorités du langage. Quand on cause dans une voiture, il faut accentuer fortement et dans le haut de la voix pour se faire bien entendre.

Et cette fatigue de l'attention est d'autant plus prononcée, que beaucoup de sourds doivent leur infirmité à des otites moyennes chroniques ou à de l'ankylose tympanique consécutives à des obstructions rétro-nasales qui ont entamé le fonctionnement auriculaire au cours de la croissance, et les médecins savent avec quelle fréquence l'insuffisance de la respiration nasale, par atrésie, par hypertrophie des tissus adénoïdiens, compromet non seulement l'audition elle-même, mais le développement de l'attention, de la mémoire et des facultés de pénétration sensorielle et intellectuelle.

Ainsi la même cause banale si fréquente, l'obstruction rétro-nasale, attaque à la fois l'audition, la ralentit et la diminue, et l'attention qui devrait compenser l'insuffisance sensorielle. Chez les enfants, dont le défaut d'attention est si souvent l'effet de

cette lésion facile à modifier et à supprimer, la surdité à son début, presque toujours méconnue, compromet ainsi d'une part l'éducation et l'instruction qui se font dans le jeune âge par l'enseignement oral, c'est-à-dire par la voie auditive, et d'autre part, fait classer l'enfant parmi les incapables, les inattentifs, les cancres, alors qu'une intervention faite à temps restaurerait l'audition, l'attentivité, indépendamment des autres avantages qu'en retireraient le développement et la sécurité de la croissance et l'exercice normal de la respiration.

L'attention se rebute quand elle s'exerce péniblement, c'est le cas du sourd par obstruction nasale ; et de tous les sourds ce sont les adénoïdiens qui « renoncent » le plus facilement à entendre. L'effort leur est impossible par la même cause qui les rend sourds. L'audition du langage met de plus en jeu la pénétration psychique et ce triple effort, entendre, écouter et comprendre, dépasse souvent les forces des enfants gênés dans le jeu de leur respiration normale et troublés dans la liberté de leur circulation naso-frontale.

La pénétration esthétique est plus aisée, chez les personnes douées, que la pénétration psychique, — elle est plus immédiatement sensorielle, l'autre plus intellectuelle. Néanmoins la signification intellectuelle des sons du langage est tellement imposée à nous par l'usage, l'éducation et l'habitude, que tous nous comprenons sensiblement de même la signification objective d'un mot, son sens propre, tandis que nous trouverons des différences énormes dans la sensibilité esthétique de deux personnes à une même forme mélodique ou harmonique.

La musique est pour bien des personnes une langue dont elles ne savent pas le premier mot, une impression sensorielle à laquelle elles ne réagissent en aucune façon ; et parmi celles qui sentent, comprennent même l'expression musicale, quelles énormes divergences d'une personne à l'autre.

Le langage a cristallisé des significations dans des mots et le mot éveille en nous directement, immédiatement une image psychique sensiblement identique chez tous. Cette facilité d'empreinte réagit à son tour sur l'audition et sur l'attention elle-même. Quelques mots, par la netteté de l'idée qu'ils éveillent en nous, nous suffisent pour comprendre une phrase que nous avons mal entendue ; et souvent même nous comprenons une phrase avant que notre interlocuteur, sur notre prière, l'ait répétée. La compréhension s'est faite par-dessus l'audition défectueuse, et nous entendons après coup.

Quand la surdité s'installe insidieusement et progressivement, elle peut se développer sans être soupçonnée, pendant des années, et il n'est pas rare que l'auriste découvre des surdités — unilatérales — que le sujet méconnaissait totalement. L'oreille restée saine, sans accroître d'une façon compensatrice ses facultés auditives, et même en baissant légèrement de son côté, développe en revanche par l'exercice ses facultés d'intelligence auditive et l'on entend encore longtemps d'une façon très satisfaisante pendant que la surdité progresse et fortifie ses racines organiques.

D'ailleurs, avant de s'avouer sa surdité, le malade s'habitue à considérer son insuffisance comme le

résultat de troubles fortuits et passagers. En réalité les meilleures oreilles subissent de grandes vicissitudes sous l'influence des variations barométriques et hygrométriques de l'air, sous l'influence des mille ruptures de l'équilibre organique, troubles circulatoires, troubles sécrétoires, fatigue nerveuse, surmenage, troubles digestifs, etc.

Mais les variations dans l'acuité auditive, quand elles portent, comme c'est le cas dans l'oreille saine, sur les frontières très éloignées de l'audition, ne nous frappent pas et ne sont observées que par une analyse délicate et méthodique.

Perdre dix mètres d'audition sur des centaines de mètres d'étendue auditive, n'est pas appréciable et constitue à peine une nuance ; tandis que perdre un mètre quand l'audition est réduite à deux ou trois mètres est le fait d'une oreille insuffisante et il est impossible que le sujet n'en soit pas bientôt averti.

En général tant que la conversation reste possible, et la conversation exige tout au plus une étendue auditive moyenne de trois ou quatre mètres de rayon, le sourd pourra méconnaître sa surdité et aura perdu la plus grande partie de son champ auditif sans s'en préoccuper. C'est pourquoi le médecin a si souvent affaire à des surdités qu'on lui confie dix ou vingt ans trop tard et pourquoi les lésions organiques sont à ce point enracinées que le traitement le plus assidu peut à grand'peine enrayer la marche progressive de l'affection et même faire rétrocéder la surdité.

Cependant il existe des moyens de reconnaître la surdité à marche insidieuse et progressive dès son

premier début, alors que le sujet est souvent incapable de la soupçonner. J'ai publié ce procédé de l'épreuve paracousique et n'ai rien négligé pour le vulgariser auprès de nos confrères. Je reproduis plus loin le procédé qui permet de faire le diagnostic précis de la surdité progressive tel que je l'ai présenté à l'Académie de médecine.

La surdité progressive est souvent héréditaire, et elle tient à une particularité de conformation des régions auriculaires, que le père peut transmettre à son fils comme la couleur de ses yeux ou le timbre de sa voix. Cette particularité, le plus souvent une tendance à l'obstruction de la trompe d'Eustache par gonflement et hypertrophie de la muqueuse de l'arrière-nez et du pharynx, cette particularité entraîne peu à peu l'ankylose de l'articulation des osselets de l'oreille et gêne de plus en plus la liberté d'inertie de ces petites masses suspendues.

Pendant la croissance, c'est-à-dire pendant les années de la vie où les tissus adénoïdiens de la région cervicale ont le plus de tendance à s'hypertrophier et à se tuméfier, le mal se produit peu à peu sans fournir le plus souvent d'autres symptômes que la paracousie ; l'audition peut ne pas baisser d'une façon appréciable, — elle peut même s'exalter d'une façon maladive et masquer ainsi par un symptôme paradoxal sa défaillance pendant un certain temps.

La croissance terminée, l'hypertrophie de la muqueuse peut tomber, s'effacer, le mal est fait et la rétraction fibreuse parachève l'ankylose ; la surdité s'affirme de plus en plus. Vers un certain âge, elle est évidente parce qu'elle devient insupportable.

Cet âge auquel s'affirme la surdité héréditaire se rapproche de plus en plus de la jeunesse de génération en génération ; comme dans la plupart des affections héréditaires, la précocité va croissant à moins que le croisement ne fasse intervenir une influence modificatrice heureuse.

Mais bien souvent le croisement précipite encore ces conditions menaçantes en rapprochant la convergence des deux hérédités ; c'est ainsi que des enfants naissent sourds-muets de parents dont les oreilles sont réputées saines.

En présence de surdités consécutives à des troubles chroniques du nez et de la gorge, le médecin auriste doit toujours demander à examiner les enfants du malade observé, car ces troubles, malformations, obstacles divers au développement normal des régions auriculaires, pourront être traités à temps, avant d'être fixés définitivement par la croissance ; et l'on pourra ainsi, faute de guérir le père, le consoler en écartant dans la mesure du possible la surdité qui menace ses enfants.

En effet, l'âge du sujet joue un très grand rôle dans le traitement de la surdité, car il est toujours heureux d'avoir pour soi la croissance, c'est-à-dire de pouvoir instituer un traitement qui pourra aiguiller dans une voie meilleure la tendance au développement pathologique.

Dans l'immense majorité des cas, l'âge du sujet fixe les chances de réparation physiologique des parties lésées ; l'âge de la maladie, son ancienneté est aussi d'une grande importance pour le diagnostic, pour le pronostic et pour le traitement. Ce n'est pas

impunément pour l'appareil de perception que l'appareil de transmission cesse progressivement de transmettre, et dans bien des cas on constatera un assoupissement profond de l'appareil nerveux, qui ôtera toute envie de tenter quoi que ce soit du côté des parties accessibles de l'oreille moyenne.

Néanmoins, la constatation de la paracousie de Weber est toujours d'un bon augure et encourage toutes les tentatives de modification du côté de l'appareil de transmission, car elle permet de considérer comme relativement intact l'appareil nerveux, et, jusqu'à un certain point, les parties inertes de l'oreille interne elle-même.

Mais la surdité n'apparaît pas toujours d'une façon insensible pour s'installer insidieusement, elle peut apparaître d'une façon très nette et prendre ses caractères extrêmes en très peu de temps, au cours d'une affection aiguë de l'oreille, par exemple.

Elle pourra ainsi se manifester brusquement, subitement. Le plus souvent, il s'agit dans ce cas d'un bouchon de cérumen méconnu et occupant la partie profonde du conduit auriculaire. A l'occasion d'un mouvement brusque, d'un gonflement subit de la cire pendant la toilette quand l'eau pénètre dans le conduit, ou pendant une baignade, à l'occasion d'une congestion vive d'un flux tympanique, d'un coït, comme j'en ai observé deux cas, sans compter celui qui a été rendu classique par une pièce du boulevard, la cire qui n'était pas au contact du tympan et ne gênait en aucune façon sa liberté d'oscillation totale, adhère au tympan et, sans interrompre le passage des vibrations moléculaires, s'oppose à l'ébranlement

total de la membrane. Le tympan ne transmet plus l'ébranlement et l'audition est subitement presque abolie.

En réalité, on peut encore entendre dans ces conditions, mais la différence de cet état d'obnubilation avec l'audition relativement excellente, qui précédait le contact, fait paraître absolue la surdité, et le malade la constate aussitôt. Dans ces cas, l'audition aérienne est très diminuée, mais la paracousie est le plus souvent très sensible.

En dehors de l'obstruction cérumineuse, un corps étranger faisant contact avec le tympan et le refoulant, un exsudat de la caisse refoulant le tympan au dehors, déterminent aussi une surdité presque subite.

De même une crampe des muscles tympaniques coïncidant avec une mastication énergique ou un fort bâillement ; une insufflation exagérée d'air dans la caisse, par la trompe d'Eustache, pendant l'acte de se moucher, refoule le tympan en dehors et s'oppose à sa libre oscillation. Inversement, une aspiration exagérée pendant la déglutition, par un mécanisme opposé, surtout si le muscle de l'étrier est en défaut, peut déterminer une surdité subite, qui disparaîtra avec une seconde déglutition ou un bâillement.

L'hémorragie est une cause de surdité subite. Elle peut se produire dans la caisse du tympan, dans la cavité des réservoirs endolymphatique et périlymphatique de l'oreille interne, au niveau des gaines du tronc labyrinthique, dans les noyaux protubérantiels, au niveau de l'écorce temporale.

L'hémorragie capable de provoquer une surdité subite a toujours la brutalité d'un ictus et s'accom-

pagnera le plus souvent d'autres symptômes labyrinthiques, tels que le bourdonnement intense, le vertige. La surdité subite par hémorragie, sans vertige, sera le plus souvent due à une lésion corticale, tandis qu'avec vertige on pourra plutôt songer à un ictus, une inondation des réservoirs labyrinthiques. Dans tous les cas, le diagnostic de localisation ne sera bien établi que par le contexte d'autres symptômes empruntés à des appareils physiologiques voisins.

De même que l'hémorragie, l'hydropisie aiguë du labyrinthe avec excès de tension, l'œdème du nerf labyrinthique, l'exsudat aigu de la caisse pourront produire la surdité subite ou presque subite, avec ou sans ictus, mais le plus souvent sans l'ictus des grandes inondations, comme dans le vertige de Menière. Comme les petites hémorragies, l'hydropisie se trahit par l'excès de tension.

La surdité peut aussi apparaître subitement chez les hystériques, et isolément, sans autres symptômes labyrinthiques. De même chez les diabétiques, mais par un autre mécanisme, car il s'agit le plus souvent d'hémorragie. La commotion labyrinthique, un coup sur l'oreille peut laisser de la surdité par choc du liquide incompressible sur la papille et arrachement des filets nerveux terminaux. Le spasme des muscles tympaniques peut encore dans ce cas entraîner une forte opacité auditive, généralement peu prolongée.

Mais le plus souvent la surdité n'est pas subite ; elle est généralement progressive, à marche lente et insidieuse ; elle est due en général à de multiples lésions qu'on peut comprendre sous le terme d'ankylose tympanique, le mot tympanique désignant tout

l'appareil suspendu de la caisse et les tympans membraneux de l'oreille interne. Sclérose, ankylose des articulations, raideur des brides, des ligaments, des tractus fibreux, épaississement des gaines, des capsules articulaires, déformation des membranes, atrophie des appareils papillaires, etc., tout l'appareil de transmission se trouve progressivement figé et immobilisé dans une attitude incompatible avec les conditions d'une bonne transmission, par gêne plus ou moins complète apportée à la liberté d'oscillation totale des milieux suspendus.

Nous avons vu plus haut que l'oreille, formée d'appareils membraneux et de leviers articulés, était très susceptible à l'égard des variations atmosphériques, ce qui n'a rien de surprenant puisqu'elle est avant tout un appareil destiné à réagir aux variations de pression du milieu fluide qui nous entoure.

Elle subit de même facilement les fluctuations de l'état hygrométrique de l'air et de toutes nos articulations, il en est peu qui soient plus exposées au froid que l'articulation des osselets de l'oreille, séparée de l'air du conduit par la mince membrane flaccide de Schrappnell. L'air du conduit est naturellement échauffé au voisinage du conduit, mais le nombre considérable de personnes qui craignent le courant d'air, c'est-à-dire un refroidissement subit de l'air au voisinage de l'appareil tympanique et se soumettent à l'usage peu esthétique du coton dans les méats auriculaires, montre combien l'arthritisme réagit volontiers en ce point délicat.

Les variations de tension vasculaire trouvent dans la capsule labyrinthique un véritable manomètre que

la moindre rupture d'équilibre physiologique rend extrêmement sensible. Ceci non plus ne nous surprend pas de la part d'un organe qui a pratiqué et pratique encore les fonctions mano-esthésiques avant l'audition. Pour la moindre surtension des liquides labyrinthiques, les papilles auditives deviennent sensibles au choc de la crosse carotidienne qui passe sous le limaçon et nos oreilles battent d'un bourdonnement pulsatile et même de véritables coups vasculaires.

D'autre part, le nerf auditif s'épanouit librement au milieu de la vaste papille spirale du limaçon. Les filets nerveux terminaux y courent nus au milieu de l'enchevêtrement des pieds et des tiges des cellules de soutènement et des éléments de Corti. En aucun autre point de l'organisme on ne trouvera de filets nerveux terminaux ainsi exposés au sein d'un liquide dont la composition physiologique peut si facilement varier et dont la formule s'altère si volontiers au moindre trouble de la transsudation, et à l'occasion de tant d'affections à retentissement humoral.

L'équilibre physiologique de la perception périphérique doit donc être d'une grande instabilité et si l'on pouvait, on y constaterait sans doute d'énormes variations dans l'acuité auditive, mais au niveau des frontières de l'audition. J'ai rappelé plus haut que l'audition pouvait varier énormément quant à ses extrêmes limites sans que nous pussions nous en rendre compte et que nous ne constations ces fluctuations que quand le champ auditif, par la réduction pathologique de son domaine, rapproche ces frontières de notre observation directe.

La dilatation anormale des vaisseaux du labyrinthe,

— et l'on sait que les formations sinueuses et glomérulaires y abondent, — leur perméabilité, qui est énorme, puisqu'il s'agit d'un appareil de transsudation, les lésions mêmes de l'appareil endothélial vasculaire et capsulaire de transsudation, toutes ces causes livrent les milieux labyrinthiques, les liquides, les éléments épithéliaux qui y vivent presque libres et les filets nerveux qui les parcourent librement, à tous les effets des variations de la tension vasculaire, à tous les troubles de la composition de ce milieu fluide où vivent nus les éléments protozoïques de la papille.

On conçoit, d'autre part, combien l'excitabilité nerveuse de l'appareil terminal papillaire ou de l'appareil central pourra s'accroître dans d'énormes proportions chez certains sujets et magnifier les symptômes au point de donner lieu à des paroxysmes d'irritation parfois intolérables.

Les symptômes cardinaux des affections labyrinthiques, c'est-à-dire la surdité, le bourdonnement, le vertige et l'oppression labyrinthique, sont fréquemment paroxystiques, c'est-à-dire sujets à des exaltations presque subites, et le plus souvent ces exaltations sont liées soit à des crises vasculaires, soit à des exaspérations nerveuses.

Un assez grand nombre de médicaments atténuent ou provoquent ces exaltations et peuvent aussi servir à en diagnostiquer l'origine immédiate.

La surdité peut être partielle ou totale, c'est-à-dire qu'elle peut s'étendre à toute l'échelle des sons ou n'atteindre que certains degrés de cette échelle tonale. On peut ne perdre que l'audition des sons aigus, ou

celle des sons graves, etc., et cela pour les causes les plus variées.

Pour la plupart des auteurs, la perte de la perception des sons aigus relèverait des lésions de l'appareil de perception, celle des sons graves appartenant, au contraire, aux troubles de l'appareil de transmission. Cette opinion a été accréditée par Bonnafont, Moos, Steinbrugge, Luçæ, Bezold, etc.

J'ai fait observer, dans mon livre sur l'oreille, que dans l'audition crânio-tympanique et la paracousie les sons aigus étaient beaucoup moins bien perçus que les graves et que si nous percevions les notes aiguës de notre échelle tonale, c'était uniquement par la voie de transmission aéro-tympanique. La perception des sons aigus est encore bien plus directement liée à l'intégrité de l'appareil de transmission que celle des sons graves. Il est donc permis d'en induire que c'est dans les lésions de l'appareil de transmission que la perception des sons aigus sera la plus compromise. Je reproduis ici quelques pages (vol. IV, 116, 118) de cette discussion :

« Burckhardt-Merian et Gradenigo sont moins exclusifs que la moyenne des auteurs. Ils ont observé que la perte des sons aigus appartenait avant tout aux lésions du labyrinthe et en particulier à des troubles de tension. Il s'agit donc en fait des parties les plus internes de l'appareil de transmission. Burnett a prouvé expérimentalement qu'une augmentation de pression labyrinthique supprimait l'audition des sons aigus avant celle des sons graves. De plus, Burckhardt-Merian a montré qu'en cas de compression labyrinthique l'audition des sons aigus s'améliorait par la

perte des osselets. SIEBENMANN arrive aux mêmes constatations en pratiquant l'épreuve de Valsalva.

« En principe, il est bien oiseux de vouloir séparer à ce point l'appareil de transmission de l'appareil de perception : quand l'appareil de perception perçoit mal, qui pourra affirmer qu'il a moins bien perçu un son transmis normalement, ou qu'il a perçu normalement un son qui lui était moins bien transmis. C'est par la perception du malade interrogé que nous pourrons savoir si le son lui a été transmis ; il est donc difficile de comparer le son transmis au son perçu, puisque nous ne connaissons, par l'interrogatoire du malade, que le son perçu.

« En laissant complètement en dehors de la discussion l'intégrité de l'appareil de perception, n'est-il pas évident *a priori* que l'appareil de transmission, depuis le méat jusqu'aux papilles, pourra être le siège de troubles variés dont les uns compromettront plutôt les ébranlements de courte périodicité, dont les autres gêneront plutôt la transmission des sons graves ? N'arrive-t-il pas fréquemment, au cours d'un traitement, de voir varier les bruits de l'audition vers l'aigu ou vers le grave et dans des cas où l'appareil de perception n'est nullement en cause.

« On a cherché également à utiliser la déplorable théorie de HELMHOLTZ — et il faut avouer que certains faits semblent tout d'abord l'appuyer. Il existe aujourd'hui des observations de lésions limitées à certaines parties de l'échelle cochléaire et correspondant à des troubles de certaines parties de l'échelle tonale. Je rappellerai la surdité pour les sons aigus coïncidant avec l'atrophie du premier tour de spire

du limaçon (Moos et STEINBRUGGE) ; avec la destruction expérimentale de la base du limaçon (BAGINSKY); avec d'autres modifications pathologiques de cette même base (HABERMANN) ; avec l'atrophie des nerfs du premier tour de spire (BEZOLD) et une observation de SCHWABACH dans laquelle le malade avait surtout perdu l'audition des sons graves et chez lequel on trouva à l'autopsie des lésions des parties élevées de l'échelle cochléaire.

« Il est vrai que WEBER-LIEL, STEPANOW et CORRADI n'avaient rien constaté de pareil.

« Il n'est véritablement pas besoin d'exhumer la théorie de HELMHOLTZ pour expliquer ces faits. Chacun sait qu'il suffit d'appuyer légèrement le doigt sur les branches du diapason vibrant pour faire disparaître les harmoniques aigus, alors que le son grave fondamental est à peine diminué.

« Il suffira de même d'une légère gêne apportée à la liberté d'inertie, et par conséquent à la libre oscillation de l'appareil de transmission, pour intercepter les sons aigus au passage.

« Que cette interception ait lieu au niveau du tympan, de la chaîne, de l'étrier, des liquides labyrinthiques ou du tympan basilaire, l'effet en sera le même : les ondulations rapides n'auront pas à parcourir la rampe de la papille codibitrice.

« Si la lésion porte à la base du limaçon, c'est-à-dire au point de départ de l'ondulation longitudinale dont j'ai défini plus haut les caractères, aucune ondulation à courte période ne parcourra la rampe et les sons aigus ne seront pas transmis, ni par suite perçus. Si la gêne n'est apportée que vers le sommet,

et que rien n'empêche les ondulations courtes de parcourir au moins les étages inférieurs de la membrane basilaire, la perception des sons aigus s'y fera normalement.

« Inversement le diapason nous montre encore que dans certains cas l'appareil vibrant laisse éclater les harmoniques aigus en même temps que le son grave fondamental s'éteint plus ou moins. Il est tout à fait admissible que par suite de certaines gênes apportées à l'inertie de l'appareil vibrant les oscillations à longues périodes soient compromises alors que les vibrations rapides restent possibles. En d'autres termes, l'appareil de transmission qui, à l'état normal, laisse passer les sons aigus et les sons graves, devient, par l'effet de certaines lésions, un crible qui se forme tantôt aux sons aigus, tantôt aux sons graves, et l'appareil de perception ne perçoit, — quand il perçoit, — que ce qui lui est transmis. »

Je ne m'étendrai pas davantage sur la discussion des troubles de la transmission qui peuvent altérer la perception soit des sons graves, soit des sons aigus. J'ai étudié cette question dans mon travail sur la symptomatologie des affections auriculaires, et cette étude porte plutôt sur la discussion du diagnostic que sur l'examen même des troubles de la sensation auditive.

Nous voyons donc que le fait que la surdité porte plutôt sur les sons aigus ou sur les graves ne permet aucunement de faire le diagnostic topographique de la lésion qui met obstacle à l'audition. En effet, Munch a montré que les sons graves n'étaient plus perçus dans les lésions de la partie postérieure du

lobe temporal et qu'à l'ablation de la partie antérieure du même lobe correspondait la perte des sons aigus. Larionow, plus récemment, est arrivé aux mêmes constatations, qui prouvent que les sensations tonales sont distribuées dans l'étendue de l'ouïe et classées en quelque sorte topographiquement, ce qui est le cas de toutes les images. Cette distribution d'ailleurs ne prouve pas plus l'existence d'une distribution correspondante au niveau de la papille cochléaire, que la distribution des images verbales sur la surface corticale ne prouverait que les mots viennent se faire percevoir en des points différents de la papille du limaçon. Ce fait nous montre qu'à côté des causes périphériques de surdité partielle pour les sons aigus ou pour les graves, il y a également des causes centrales, corticales de surdité partielle, ce qui ne peut nous surprendre.

La surdité pour les sons intermédiaires de l'échelle tonale est extrêmement rare. Je n'ai jamais trouvé, pour ma part, de surdité un peu étendue des parties moyennes et une surdité *totale* de ces régions intermédiaires ne me semble pouvoir s'expliquer que par lésion corticale au niveau du lobe temporal. Néanmoins, puisque nous voyons des lésions banales de l'appareil de transmission s'opposer au passage des ébranlements de périodicité courte ou longue, selon les cas, il n'est pas douteux que les ébranlements de moyenne périodicité trouveront eux aussi leurs obstacles propres dans certaines affections. Mais la surdité n'est pas totale et je ne l'ai jamais observée dans ces conditions du cours d'affections nettes de l'appareil de transmission.

Il ne faut pas confondre la surdité pour certains sons avec la surdité subite et générale qui apparaît à l'occasion de certains sons.

Certains sons trouvent dans les cavités du conduit ou peut-être même de la caisse les qualités de résonance qui leur permettent d'animer ces cavités de vibrations fortes, de trépidation. Chez certains sujets, cette trépidation interne des milieux aériens de l'oreille provoque des spasmes des muscles frénateurs tympaniques et la crampe de ces muscles suspend momentanément l'audition, comme pour le réflexe d'interception.

J'ai observé un cas curieux de tympanospasme qui se produisait dans des conditions bien définies et toujours les mêmes. Il s'agissait d'une jeune fille qui débutait dans l'étude du chant, et qui éprouvait chaque fois que les exercices amenaient l'ut et le ré, au-dessus de son médium, un léger choc dans l'oreille droite avec opacité auditive subite et sensation de plénitude labyrinthique ; de plus, elle restait momentanément incapable d'assurer la justesse de sa voix au niveau et au-dessus de cette intonation.

L'examen montra l'oreille externe et moyenne intacte et l'auscultation indiqua l'intégrité de la manœuvre tubo-tympanipue, ainsi que l'absence d'autophonie. Néanmoins, il est hors de doute que ces symptômes sont dus à une crampe du tenseur tympanique ou frénateur externe, et il semble aussi que la seule cause de sa crispation soit la résonance propre des cavités de l'oreille, éveillée par influence, à l'occasion de la production de ces notes dans la cavité du pharynx nasal, ou dans les cavités auricu-

laires, bien qu'il n'y ait pas de béance tubaire pendant l'émission de ces mêmes notes et qu'il ne se produise pas d'autophonie.

Il s'agit d'une susceptibilité particulière du frénateur externe, susceptibilité pathologique ; car la résonance tympanique se produit toujours pour une certaine note, variable selon les individus.

On sait qu'il est malheureusement habituel, dans l'enseignement du chant, de faire prendre les notes élevées de la voix dans l'arrière-nez et de lui assurer ainsi un timbre factice qui sans embellir la voix rend l'émission plus commode et plus étendue. De plus, cette intonation aiguë s'accompagne de l'élévation de l'appareil hyoïdien et d'une tension spéciale du voile palatin qui met en jeu précisément ceux des péristaphylins qui sont anatomiquement, embryogéniquement et physiologiquement associés au tenseur du tympan, rendu indirectement plus susceptible de contraction provoquée. C'est à cette relation organique et fonctionnelle que beaucoup de chanteuses entraînées à « truquer » de cette façon doivent de chanter généralement faux dans tout ce passage de la voix, parce que l'audition s'altère par suite du trouble de l'accommodation auriculaire, comme c'était nettement le cas de notre jeune chanteuse, qui, de plus, entendait mal sa voix.

Je trouvai chez elle d'autres crampes symptomatiques légères avec quelques signes d'insuffisance rénale et le tout disparaît rapidement par le régime lacté.

Dans beaucoup de cas la voix est encore nettement perçue alors que la montre, le diapason ou des

bruits moins familiers ne le sont plus guère ; la voix, même chuchotée, est toujours plus intense que les sons ou bruits que nous employons dans nos examens cliniques.

La surdité absolue, quand elle est apparue subitement, est le plus souvent de nature hystérique ; c'est une véritable anesthésie sensorielle qui s'accompagne généralement d'autres anesthésies le plus souvent unilatérales et d'un grand nombre d'autres symptômes qui permettent d'affirmer l'hystérie. C'est sur un cas d'anesthésie de ce genre qu'a été observé pour la première fois, par M. GELLÉ, le phénomène de *transfert*.

Il y a d'autres formes de surdité, également centrales, et qui ne sont pas totales et absolues, mais partielles et limitées à certaines modalités psychiques plutôt que sensorielles, telles que la perte de la signification d'une certaine catégorie de mots ou de termes spéciaux, ou simplement de sons de signification musicale. Ces deux formes de surdité psychique partielle sont la surdité verbale et la surdité musicale. Elles seront étudiées dans un autre volume de cette collection.

A côté de ces surdités centrales formelles il existe certaines formes de surdités tout à fait relatives et en quelque sorte paroxystiques. Ce sont en réalité de petites absences sensorielles, dues à une inattention plus ou moins profonde des centres auditifs chez certains sujets anormaux.

La distraction nous met volontiers dans cet état, mais l'audition se fait néanmoins sans que l'image frappe notre conscience et la fixe. La distraction

passée, nous retrouvons souvent l'image auditive, qui n'a pas été enregistrée par la mémoire et l'attention, mais ne s'en est pas moins produite.

Chez certains sujets cette distraction est toute pathologique et confine à l'absence des épileptiques. De plus elle est variable et progressive, se produit et s'efface peu à peu sous l'action de sollicitations répétées.

J'ai observé trois fois une surdité[1] d'une forme telle que je ne l'ai jamais rencontrée ailleurs, et je l'ai trouvée identique dans les trois cas, bien qu'associée à des troubles génitaux de nature différente. La surdité que l'on constate chez certains individus d'habitudes onaniques, ou chez certains dégénérés, s'accompagne d'une obnubilation généralisée, d'ordinaire, à la presque totalité des opérations sensorielles, et d'une dépression intellectuelle et volontaire profonde.

Deux des sujets dont je vais décrire la surdité n'étaient pas onaniques, et le troisième, qui l'était, avait gardé l'humeur et l'intelligence absolument normales.

J'ai été consulté, en 1894, au sujet d'un jeune garçon de treize ans, que ses parents affirmaient atteint, depuis plusieurs années, d'une surdité intermittente, pour laquelle ils lui avaient fait suivre différents traitements. Cet enfant, complètement sourd en apparence tout d'abord, l'était de moins en moins quand on pouvait éveiller son attentivité auditive, en la sollicitant indirectement et en la maintenant sans la laisser s'éteindre.

1. Communication à la Société française d'Otologie. Mai 1896.

Peu à peu on l'amenait à percevoir les moindres sons et je pus constater alors qu'à l'intégrité organique de l'appareil auriculaire répondait une intégrité fonctionnelle parfaite, satisfaisant pleinement à toutes les épreuves cliniques.

Cette surdité n'avait aucun des caractères des surdités de cause organique et l'on pouvait éliminer toute lésion périphérique. Elle consistait en une véritable *absence auditive,* mais en une absence *graduelle* qui n'avait aucunement le caractère de totalité de certaines absences symptomatiques. D'ailleurs, une recherche minutieuse ne me montra aucun signe qui pût faire soupçonner ni l'hystérie ni l'épilepsie, et je fus naturellement amené à interroger les parents au point de vue de l'onanisme. Ils étaient parfaitement sûrs de leur enfant, mais j'appris incidemment qu'il avait une ectopie inguinale gauche. Ce fait me frappa sans rien m'apprendre néanmoins et je n'eusse recherché la moindre corrélation physiologique entre les deux affections, si dans la même semaine je n'avais retrouvé une surdité de tous points identique chez une jeune fille de vingt-deux ans, également soignée depuis plusieurs années et sans aucun succès pour les mêmes symptômes. Ici non plus, pas la moindre trace ni le moindre signe de névrosé. J'interrogeai à part sa tante qui l'accompagna, et la scandalisai fort par l'objet de ma curiosité.

A la consultation suivante, je vis venir le père et la mère de la malade, que la nature de ma recherche avait décidés à ne me rien cacher, et qui m'avouèrent qu'ils avaient depuis longtemps l'idée que cette étrange surdité était causée par une effrénée mastur-

bation à laquelle leur fille se livrait depuis quelques années, et qu'ils avaient cachée aux médecins, ceux-ci n'ayant point pensé à chercher dans ce sens. Chose remarquable, cette jeune fille, très intelligente, l'humeur gaie et le caractère ouvert, ne présentait aucun des signes habituels aux onaniques, sauf un grand affaiblissement de la mémoire et cette surdité faite d'une inattention auditive profonde, mais variable.

Enfin, en 1895, j'eus à soigner un garçonnet de neuf ans pour une surdité identique en sa forme, mais de moindre profondeur. Là non plus je ne trouvai le moindre trouble organique ou fonctionnel périphérique, ni le moindre signe de névrose. Cet enfant était débile, peu développé et de souche tuberculeuse. Avant que j'eusse interrogé la mère sur le sujet qui me préoccupait, elle me pria d'examiner son fils, sur qui je constatai la monorchidie.

Je n'ai revu aucun de ces cas depuis cette époque et n'en ai rencontré aucun autre.

Avec une intégrité organique et fonctionnelle absolue de l'appareil auditif périphérique, ces malades présentaient donc des absences auditives de degrés variables, pouvant aller presque jusqu'à la surdité totale. La surdité était bilatérale et les variations de l'audition étaient parallèles des deux côtés. C'était donc l'audition qui souffrait, mais l'attention auditive seule. L'audition se faisait normalement, mais inconsciemment. Elle restait en quelque sorte comme un cliché photographique non révélé, mais dont l'impression s'est néanmoins faite. Et c'est grâce à l'intégrité fonctionnelle de l'appareil périphérique

qu'il m'était possible de forcer l'attention des malades, en quelque sorte d'une façon réflexe.

Sans doute, dans le cas d'onanisme, il pourrait y avoir épuisement nerveux, mais pourquoi si strictement localisé ? Dans les deux autres cas, il ne s'agit pas non plus d'arrêt de développement fonctionnel, puisque l'attention fixée, l'audition était parfaite. Il y a certainement, dans ces trois cas, plus que des coïncidences.

Chez certains sourds porteurs d'affections de l'oreille moyenne, l'insuffisance auditive apparaît brusquement et sans transition à une certaine distance. Le malade, qui n'entendait pas le diapason à un centimètre au delà d'un certain point, l'entend d'une façon normale dès que le diapason a dépassé ce point.

Il ne faut pas croire qu'il existe toujours une transition délicate entre l'audition et la surdité et que le son perçu décroît régulièrement à mesure qu'il s'éloigne de l'oreille. Le plus souvent, au contraire, cette transition manque et l'audition, encore suffisante jusqu'à un certain point, cesse subitement à partir de ce point.

Ce fait que j'ai fréquemment observé et qui me semble être la règle, tandis que la décroissance régulière est l'exception, me semble pouvoir s'expliquer de la façon suivante. Il existe pour chaque oreille certaines conditions d'élasticité et de liberté d'inertie totale de l'appareil de transmission, sans lesquelles la mise en branle de l'appareil oscillant ne peut se réaliser, tant qu'un certain minimum n'est pas atteint. Il se fait une sorte d'absorption des ébranlements dans la masse des diverses parties de l'appareil

de transmission et l'oscillation totale n'est pas réalisée à cause de la gêne apportée à l'inertie de l'appareil. Mais, dès que ce minimum est atteint, l'oscillation totale est possible, et l'ébranlement est transmis avec toute son intensité. Ce phénomène, que constate facilement l'observation clinique, peut encore servir à démontrer ce qui fait la base de ma théorie de l'audition, à savoir que celle-ci est liée non à l'oscillation moléculaire, mais à l'oscillation totale des milieux suspendus de l'oreille.

Dans certains cas de gêne pathologique apportée par la sclérose à l'inertie des parties oscillantes de l'oreille moyenne, l'élasticité des organes de suspension est à ce point diminuée que la mise en oscillation totale n'est plus possible que par l'ébranlement d'une très grande intensité. Le minimum d'intensité nécessaire à la mise en oscillation totale est donc très élevé chez ces malades, mais il peut être extrêmement abaissé quand une trépidation, étrangère à l'ébranlement sonore lui-même, agite les milieux inertes de l'oreille, éveille la contraction des muscles tympaniques et donne à tout l'appareil une remarquable susceptibilité de transmission.

Certaines personnes affectées d'une surdité très prononcée dans un milieu calme pourront, dans des milieux animés de trépidation forte, entendre parfaitement des sons d'une très faible intensité. C'est ce phénomène qu'on a appelé *paracousie de Willis*. Telle personne qui pourra à peine entendre des mots prononcés avec force à son oreille pourra parfaitement suivre une conversation à voix basse dans le vacarme d'une voiture ou d'un train en marche,

pour redevenir aussi complètement sourde qu'auparavant quand la voiture s'arrête ou lorsqu'elle aura mis pied à terre.

Il est même remarquable que beaucoup de ces personnes, qui entendent mieux dans la trépidation que dans le calme, ne sont aucunement assourdies par le tapage qui les entoure et peuvent, dans ces mêmes conditions, entendre infiniment mieux que les sujets normaux.

Il est bien évident que la paracousie de Willis implique l'intégrité relative de l'appareil de perception et même un certain degré d'irritabilité papillaire; en revanche elle apparaît à l'occasion de troubles très variés de l'appareil de transmission : sclérose ou gêne quelconque apportée à l'inertie des milieux oscillants.

Beaucoup de conditions augmentent la moyenne physiologique de la capacité auditive et produisent *l'hyperacousie*.

Elle peut se produire par l'exaltation nerveuse elle-même, dans le cas de beaucoup de dégénérés et de neurasthéniques et on trouve alors parfois une exaltation auditive résultant de la combinaison d'une grande instabilité nerveuse centrale et périphérique avec une transmission défectueuse et des lésions formelles de l'oreille moyenne. Dans le cas de paralysie du nerf facial, cette hyperacousie se complique souvent *d'ouïe douloureuse,* le frénateur interne ne pouvant plus protéger le labyrinthe.

Ces excitations profondes de l'appareil auditif peuvent se produire sur les milieux psychiques et affecter certaines modalités de ce fonctionnement cen-

tral. C'est un trouble qu'on peut opposer à la surdité verbale, à la surdité psychique; il consiste en une exaltation extrême de l'interprétation de certaines images sensorielles.

Ces malades sont affectés d'une lucidité exagérée dans la compréhension des moindres éléments qui constituent l'image auditive et d'une remarquable facilité dans le jeu des analogies tant sensorielles que psychiques. Cette qualité peut prendre d'énormes proportions et aboutir à des perversions psycho-sensorielles, telles que l'audition colorée ou la tendance qu'ont certains esprits trop exclusivement préoccupés de raffinements et de préciosités dans la recherche de l'expression, à accorder aux formes littéraires plastiques, aux assonances et aux allitérations des significations outrées presque musicales et presque magiques. « Ce qu'on appelle actuellement la musique du langage, écrivais-je dans mon livre sur *l'oreille* (vol. IV *Symptomatologie*) la physionomie des mots et la déplorable influence du symbolisme irraisonné sur la langue poétique de notre temps ne repose en réalité que sur cette faculté de transposition intersensorielle dont les effets, en matière artistique, ont été et seront toujours déplorables. Rien n'est plus malheureux, en art, que d'accorder à certaines formes artistiques correspondant à une modalité sensorielle définie,. certaines significations qui appartiennent exclusivement à d'autres formes artistiques, exploitant d'autres régions du monde des sensations. Wagner a le premier bien montré que le maximum de puissance dans la manifestation des phénomènes subjectifs était réalisé par le concours de

plusieurs formes artistiques exprimant chacune la modalité sensorielle qui lui est propre, et il s'était d'avance élevé contre la tendance insupportable qu'affichent les artistes particularistes à faire exprimer à une forme spéciale d'art l'universalité des phénomènes sensoriels et psychiques. »

Ce qu'on appelle le *don,* au point de vue de la production artistique, est cette facilité d'interprétation et d'exploitation des images sensorielles, naturelle à certains individus et susceptible d'être développée et aiguisée par l'exercice.

C'est évidemment dans la pratique du maniement des images auditives et par suite vocales et phonétiques qu'il faut chercher la raison déterminante des aptitudes et des vocations tant oratoires que musicales.

L'excès de cette facilité d'évocation et d'interprétation des images auditives provoque pathologiquement chez certains individus des interprétations délirantes. Soit incohérents, soit systématiques, les *hallucinations auditives* sont les plus fréquentes de toutes les hallucinations et leur étude est présentée dans un autre volume de cette collection.

Une autre forme d'irritation auditive extrêmement banale est le *bourdonnement* qui peut affecter les formes les plus variées. Grondement, bruissement, sifflement, jet de vapeur, bouillonnement, avec toutes les intensités et toutes les acuités, autant de formes de l'irritation auditive, obsédantes et plus pénibles que la surdité elle-même. Le bourdonnement peut être continu ou pulsatile et correspondant aux battements du pouls. Quelquefois ses battements n'ont pas un

rythme régulier et correspondent alors à de petits spasmes musculaires de l'appareil frénateur de la caisse tympanique.

La justesse auditive est avant tout native et précoce; elle peut se développer par l'éducation, et d'ailleurs aussi se perdre par l'abus des instruments à sons fixes et à tempérament égal, comme le piano.

Le rôle que joue l'éducation est bien secondaire, mais cependant très appréciable; on peut arriver à compenser une insuffisance auditive au point de vue de la justesse, mais cette compensation est factice. On peut corriger un défaut de vision et d'audition, mais on ne peut voir autrement qu'on ne voit, ni entendre autrement qu'on entend. On sait que telle note est entendue trop bas ou trop haut, et le chanteur prévenu corrige son défaut, mais d'une façon artificielle. La fausseté du chant est avant tout causée par la fausseté de l'ouïe et l'on chante faux parce qu'on entend faux.

Il est des personnes qui entendent trop haut ou trop bas d'une oreille ou des deux, mais l'erreur porte sur toute l'échelle tonale. Quand le trouble est unilatéral, il leur arrive, quand elles chantent au piano, par exemple, de chanter juste ou faux selon qu'elles tournent la bonne ou la mauvaise oreille vers l'accompagnateur.

Dans certains autres cas, l'erreur ne porte que sur certaines notes et c'est toujours l'oreille qu'il faut soigner quand on chante faux.

On donne le nom d'*échoacousie* à un phénomène d'origine centrale par lequel nous entendons deux fois, en écho, en rappel, un son ou une parole. La

perception une fois réalisée sous forme d'image auditive surgit à nouveau avec l'intensité d'un fait de mémoire et par un mécanisme sans doute analogue. A peine l'image est-elle enregistrée, calquée par la mémoire sur l'impression vive, qu'elle rebondit de l'empreinte toute récente, et se répète identique à elle-même.

La *Diplacousie échotique* de KAYSER est autre chose.

C'est un retard de l'audition d'un côté, un ralentissement de la sensation comme on en observe dans le tabes par exemple, et comme ce retard est unilatéral, le sujet perçoit deux fois successivement la même chose. J'ai observé un cas où un malade, un tabétique, entendait chaque son deux fois, la seconde fois au moins un ton plus bas que la première. Je l'ai moi-même éprouvé à la suite de grandes fatigues et de grands froids, durant mon service militaire. C'est, dans ce cas, la *diplacousie dysharmonique* de KAYSER, et la différence entre les deux auditions peut dépasser la tierce.

Chez les déséquilibrés partiels ou totaux, l'irritation auditive provoque facilement les perversions et les hallucinations, l'hallucination peut être unilatérale; des obsessions sont fréquentes, on peut être hanté par une phrase, une idée musicale, un fragment d'air toujours le même; il n'est même pas besoin d'être très déséquilibré pour être victime de ces obsessions.

Des irradiations auditives et réflexes, qui se confondent le plus souvent, sont éveillées en nous par la parole ou la musique sous forme de réactions psychiques, d'impressions esthétiques et mentales.

Le besoin[1] qu'éprouvent certaines personnes de prononcer machinalement les mots qu'elles entendent et de répéter par articulation, et sans phonation, les paroles d'un discours qu'elles écoutent ou d'un air connu, le besoin de parler au diapason des personnes qui nous entourent ; le besoin réel qu'éprouvent à certaines heures de publication des journaux les crieurs sur le trottoir du boulevard de se mettre tous à l'unisson, etc., ces besoins sont des irradiations, et non des réflexes.

Comme réflexes très nets, nous signalerons d'abord le *sursaut* que provoque un bruit subit et intense ; les *réactions épileptiformes* associées à des perceptions auditives et à certaines seulement ; les *troubles viscéraux, vaso-moteurs, sécréteurs, vertigineux, angoissants,* qui accompagnent certains complexes sonores. Qui n'a éprouvé un véritable frisson, avec froid, trouble vertigineux fugace, sudations locales, etc., quand, dans une salle de concert, certaines combinaisons sonores, puissantes ou troublantes, nous dominent subitement ? Cet effet est évidemment proche de l'extase provoquée chez les hystériques par certains sons puissants, et chez les reptiles par des sons simples et aigus.

Il est un autre phénomène, qui tient de l'irradiation et du réflexe, fréquemment observé, malheureusement, c'est celui qui pousse certaines organisations par trop primitives à accompagner, au théâtre ou au concert, de la voix tout air dont la mélodie leur plaît ou leur est familière, et à en suivre la cadence avec le pied ou la canne.

1. « L'oreille », vol. IV.

On doit rapprocher de l'hyperesthésie auditive et de la peur particulière des bruits intenses, qui, chez certains dégénérés, peut se transformer en phobie, la *peur du silence* et l'angoisse particulière qui saisit certains malades dès que tout bruit vient à cesser autour d'eux. Cette peur du silence est analogue à la peur du vide.

Il existe encore un assez curieux phénomène de *répétition centrale,* dans lequel il semble, en entendant une phrase parlée, que l'impression auditive actuelle retrouve et réveille dans la mémoire l'impression d'une phrase toute semblable avec intonation identique, qu'on aurait entendue déjà, que l'on reconnaît instantanément comme déjà entendue, alors qu'on l'entend en réalité pour la première fois. Cette répétition existe nettement pour la vue et même pour toutes sortes d'opérations sensorielles et psychiques. Ch. Dickens l'a extrêmement bien décrite... « Il y a, dit-il, des moments, tout le monde a passé par là, où ce que nous disons, ce que nous faisons, nous croyons l'avoir déjà dit, déjà fait à une époque reculée, il y a bien, bien longtemps ; où nous nous rappelons que nous avons été, il y a des siècles, entourés des mêmes personnes, des mêmes objets, des mêmes incidents ; où nous savons parfaitement d'avance ce qu'on va nous dire après, comme si nous nous en souvenions tout à coup. »

Pour en finir avec les troubles de l'audition, ajoutons que l'orientation a elle aussi sa pathologie ; dans beaucoup d'affection de l'oreille moyenne le sujet localise mal et oriente mal la direction du son ; il y a aussi une paracousie de lieu. Dans l'hallucination

auditive, le sujet objective tout naturellement des images sans objet extérieur. Enfin il y a des cas où on localise à droite ce qui vient de gauche, et inversement, c'est l'*allochirie auditive*. J'ai même observé deux cas où le sujet *intériorisait* la voix au lieu de l'objectiver, et entendait ce qu'on lui disait comme provenant d'une voix intérieure à lui-même. Ce phénomène existe naturellement bien plus dans l'hallucination que dans l'audition centripète.

CHAPITRE VI

DIAGNOSTIC PRÉCOCE DE LA SURDITÉ PROGRESSIVE PAR L'ÉPREUVE PARACOUSIQUE[1]

Le principal obstacle à la guérison de la surdité progressive est, non seulement le retard que met ordinairement le malade à faire soigner une surdité déjà manifeste, mais aussi le temps souvent considérable qui s'est écoulé entre le *début réel* de cette surdité et le moment où elle aura été constatée par le sujet ou par son entourage. Quelle que soit la nature de l'affection auriculaire, et quelle que soit aussi la thérapeutique adoptée, il est certain que la surdité est presque toujours soignée trop tard et que les chances de succès seront en raison directe de la précocité de l'intervention.

Cette condition de précocité, qui domine la thérapeutique, s'impose d'autant plus au diagnostic ; et tous les médecins s'accorderont à reconnaître qu'il importera au plus haut point de dépister la surdité dès son apparition et, le plus souvent, s'il est pos-

1. Ce chapitre a été publié dans la *Presse medicale*, 9 juin 1900 ; il développe ma note antérieure à l'Académie de médecine.

sible, avant même que le sujet s'en doute. Il y a, en effet, tout avantage à rendre manifeste, jusqu'à la menace de surdité, toujours suspendue sur les enfants de sourds, sur les enfants inattentifs ou sujets aux inflammations chroniques de la gorge et du nez.

Pouvons-nous, par un procédé simple et en même temps explicite dans sa signification clinique, déceler la surdité à l'état naissant ou, mieux encore, à l'état de menace ?

Quand la surdité progressive est encore trop faible pour s'imposer à l'attention du sujet ou de son entourage, cette attention ne peut être éveillée que par les autres symptômes auriculaires, tels que : douleur, bourdonnements, oppression labyrinthique, vertige, etc. Mais tous ces signes, quand ils apparaissent, sont presque toujours postérieurs à l'apparition de la surdité et ils peuvent même manquer dans toute la durée de l'évolution d'une maladie de l'oreille. Il n'y a donc pas lieu d'attendre leur apparition.

La recherche directe et *a priori* de l'insuffisance auditive par les procédés connus, — c'est-à-dire l'examen par la montre, par les diapasons, par les acoumètres et par les procédés acoumétriques, — pourra, je le suppose, nous montrer une audition un peu inférieure à la normale. Qui nous dit que cette insuffisance auditive minime est le début d'une surdité progressive ?

Elle peut être due à une infériorité constitutionnelle sans aucun caractère pathologique et sans menace de progressivité. Ce qu'il nous faut discerner, c'est précisément l'existence d'une lésion entraînant le pronostic de surdité.

Les diverses épreuves cliniques en usage ne pourront faire le diagnostic de lésion qu'en s'adressant à un phénomène pathologique qu'on appelle la *paracousie* ; mais la façon dont on procède en général à ces épreuves comporte une grande cause d'erreur sur laquelle je dois m'expliquer.

Et qu'est-ce d'abord que la paracousie ?

Je rappellerai qu'il faut entendre par le mot paracousie une forme d'audition toute pathologique et de plus paradoxale, en ce sens qu'elle se développe et se manifeste dans des conditions où l'audition normale est au contraire amoindrie. On peut même admettre que, dans une certaine mesure, l'audition normale et la paracousie varient en sens inverse et que ce qui fait l'une défait l'autre.

Comparons donc l'oreille normale à l'oreille paracousique.

A l'état normal, l'oreille est exclusivement adaptée à la perception des ébranlements du milieu fluide extérieur et soustraite, au contraire, autant que possible, à l'action des ébranlements transmis par les milieux organiques plus ou moins denses qui l'entourent. Si je place le pied d'un gros diapason grave, préalablement mis en vibration, sur le crâne, au voisinage de l'oreille, ou sur les segments osseux adjacents, le sujet sain l'entend plus ou moins fortement et toujours moins fort que si le diapason vibre librement à l'air auprès du méat auditif. Mais si j'applique le même diapason, vibrant avec la même force, sur la clavicule, le coude, le genou, la crête du tibia ou la cheville, le sujet dont l'oreille est saine percevra sans doute la trépidation au point de contact et dans

les jointures voisines, mais il n'y aura plus d'audition. Le sujet *sentira, mais n'entendra pas*. En général, le sujet normal n'entend plus le diapason quand celui-ci est placé au delà du cou ; car l'oreille normale est littéralement faite pour entendre au dehors, mais pas au dedans.

Dans l'oreille paracousique, et c'est le cas dans l'immense généralité des affections de l'oreille prises en bloc, cette formule se retourne, l'oreille entend plus en dedans qu'au dehors ; l'audition aérienne diminue tandis que s'exalte l'audition par contact, et cela quel que soit le point du corps où s'effectue le contact. J'ouvre ici une parenthèse. Dans une communication à la Société de biologie, le 23 juillet 1898, M. Max Egger, ayant observé cette audition au contact, chez un certain nombre de sourds du service de M. Dejerine, à la Salpêtrière, en a conclu à la *perception de l'excitant sonore par les nerfs de la sensibilité générale,* attribuant aux cavités osseuses (lesquelles sont, cependant, remplies de moelle) la propriété de créer des milieux de résonance pour les sons transmis par le contact. Je montrai dans la séance suivante, le 30 juillet, qu'il n'y avait là que des faits bien connus de paracousie et, dans une intéressante étude sur ce sujet, publiée par M. Ugo Martini dans les *Archives italiennes d'otologie,* le 15 septembre 1899, toutes les conclusions de M. Egger ont été cliniquement et expérimentalement réfutées[1]. Je reprends donc.

1. Ugo Martini. — « La transmission des sons par la voie de la sensibilité générale » *Arch. ital. di otologia,* 1899, 15 septembre.

C'est cette exagération de l'audition par contact qui est la paracousie proprement dite. L'oreille plus ou moins fermée aux ébranlements du dehors devient un véritable appareil micracousique pour les sons — surtout les graves — transmis par l'intermédiaire du corps. Sans vouloir discuter ici la théorie de la transmission du son par l'appareil des milieux oscillants de l'oreille, je rappellerai que j'ai montré à plusieurs reprises que la transmission *moléculaire* ne jouait aucun rôle direct dans l'audition et que celle-ci n'exigeait que la mise en oscillation *molaire*, totale de ces milieux inertes et suspendus[1] de l'oreille.

Les choses se passent au niveau de ce milieu de transmission sonore comme si tout obstacle à l'expansion oscillatoire en dehors renforçait les effets de l'expansion en dedans et, par conséquent, la sollicitation des papilles labyrinthiques. Dans l'oreille normale, les milieux de transmission jouissent d'une remarquable inertie et obéissent aux plus légères sollicitations du milieu aérien. Mais quand, par suite d'une lésion, il s'exerce une action frénatrice sur un point quelconque de la chaîne de transmission, les ébranlements du dehors passent naturellement moins bien. Au contraire, les ébranlements communiqués par la transmission intra-organique, lesquels pouvaient s'épandre aussi bien au dehors qu'au dedans et n'intéresser que peu l'oreille profonde, exercent maintenant toute leur sollicitation entre le niveau de la lésion, formant point d'appui à leur expansion oscilla-

1. P. Bonnier. — « L'oreille », vol. II et III. Collection Léauté, et notes à la Soc. de biologie, 1898, 22 octobre.

toire, et la partie profonde de l'oreille. Celle-ci reçoit donc toute l'action expansive, par une sorte de balistique facile à se représenter par une image. Supposons que l'expansion oscillatoire puisse se comparer à l'expansion de gaz sous pression. Il est évident que toute déflagration, dans un conduit ouvert à ses deux extrémités, exercera ses effets dans les deux sens. Mais si l'une des extrémités est fermée, comme dans le canon, toute l'expansion se fera sentir sur l'autre extrémité ou, du moins, c'est de ce côté que s'effectuera le travail utile. De même, quand l'expansion oscillatoire, communiquée à la partie de la chaîne des milieux de transmission comprise entre l'obstacle dû à la lésion et les papilles du fond de l'oreille, peut manifester son action expansive, elle l'exerce utilement sur les papilles, en raison de l'obstacle qui gêne son expansion en dehors. Mais il faut ajouter qu'elle n'exerce ses effets que dans les limites où cette expansion trouvera la voie libre en dedans et, dans le reste de l'appareil oscillant, les facilités d'une sollicitation. Il arrivera que bien des lésions de l'oreille moyenne, tout en créant un obstacle à l'expansion au dehors, empêcheront simultanément l'expansion en dedans de s'exercer. Il n'y aura donc pas de renforcement dans ces cas, qui sont, sans doute, fréquents.

Quoi qu'il en soit, c'est sur cette exaltation de l'audition par contact que reposent les épreuves cliniques les plus usuelles ; celle de Weber, qui compare l'audition par contact pour les deux oreilles, en plaçant la source sonore sur le sommet du crâne ; celle de Rinne, qui compare l'audition par contact mastoïdien à l'audition aérienne du même côté ; celle

de Schwabach, qui compare l'audition crânienne d'un sujet à l'audition normale, etc. Ces épreuves se bornent à comparer entre elles des formes d'audition sans leur donner de valeur numérative ; ce sont des rapports mal définis entre des valeurs physiologiques également mal définies. J'ai proposé qu'on leur substituât l'appréciation acoumétrique exacte de l'audition aérienne et de l'audition par contact de l'un et de l'autre côté, valeurs dont on pourrait ensuite jouer à volonté[1]. C'est également sur cette paracousie que repose l'usage d'instruments nommés assez pitoyablement *audiphones, dentiphones,* etc.

L'oreille paracousique devient sensible aux pulsations carotidiennes, aux variations de la pression labyrinthique, auxquelles la diminution d'élasticité des parois non rigides du labyrinthe osseux ne permet plus aux papilles de se soustraire et qui se manifestent par des bruits de chaudière, de souffle, des bourdonnements et des sifflements. La voix même du sujet lui devient pénible, et il est à remarquer que les sourds parlent en général assez bas, sauf dans la période avancée de leur surdité, où ils ne s'entendent plus eux-mêmes.

A cette forme générale d'exaltation de l'audition par contact, nous donnerons le nom de *paracousie de Weber,* pour la distinguer d'une autre forme plus particulière, la *paracousie de Willis,* qui est, au contraire, l'exaltation de l'audition aérienne dans les milieux en trépidation. On connaît ces nombreux

1. P. Bonnier. — « Les épreuves de l'ouïe. » Rapport à la Soc. française d'otologie, 1899, mai.

exemples de sourds qui, dans une voiture, entendront mieux que personne tant que la voiture roulera et redeviendront sourds au moindre arrêt. Cette paracousie de Willis, n'apparaissant jamais que chez des sourds confirmés, ne peut nous servir pour un diagnostic anticipé ou simplement précoce. Elle n'entre donc pas dans notre sujet, mais ce rôle de la trépidation dans l'une des deux formes de paracousie va nous montrer précisément la nécessité de rechercher l'autre forme de paracousie, autrement qu'on ne le fait dans les épreuves classiques, où l'on se contente de placer le diapason sur le crâne.

En effet, le pied du diapason communique au point du corps sur lequel il est appuyé : d'une part, un *ébranlement sonore* qui se propage avec la plus grande facilité par tout le corps et, d'autre part, une *trépidation* qui ne dépasse guère le segment sur lequel repose le diapason et les articulations voisines.

Cette trépidation, quand elle provient d'un contact assez proche pour atteindre l'appareil frénateur des muscles de la caisse du tympan, produit sur cet appareil des effets tout opposés selon qu'il s'agit de paracousie de Willis ou de paracousie de Weber. Dans le premier cas, l'irritation de l'appareil tympano-moteur rend tout l'appareil de transmission auriculaire merveilleusement apte à la conduction sonore. Il semble, et il serait difficile de s'en assurer, que la lésion ait, dans ces cas, neutralisé l'action à la fois frénatrice et accommodatrice des muscles des osselets, lesquels contribuent au maintien des conditions d'oscillation de l'appareil et que ces muscles, tant qu'ils sont réduits à leur simple tonicité, sont devenus

tout à fait inutiles ; mais leur irritation provoquerait une activité plus grande et leur action combinée, soulevant la chaîne et offrant aux ébranlements toute l'inertie de ce petit appareil oscillant, permettrait, au milieu de la trépidation et du bruit, une audition remarquable, paradoxale en ce sens qu'elle s'exerce dans les conditions qui, précisément, crispent la musculature tympanique et rendent la chaîne des osselets peu apte à la transmission dans une oreille normale. Il m'est arrivé souvent, pour pouvoir interroger utilement un sourd atteint de paracousie de Willis, de lui appliquer sur le crâne un gros diapason vibrant à lente extinction, manœuvre à laquelle il devait de m'entendre parfaitement et à laquelle je devais, de mon côté, de ne pas avoir à élever la voix. Il y a dans ce procédé simple le principe d'un appareil trépidateur également simple, que je fais construire en ce moment, et qui pourra rendre des services aux sourds de cette catégorie. Cette condition de la trépidation communiquée exalte l'audition aérienne bien au delà de la normale.

Chez un sujet sain, cette trépidation communiquée à l'oreille, éveille le réflexe frénateur d'interception, de défense, et il est constant que le grand bruit nous fait cligner de l'oreille comme la lumière nous fait cligner des yeux. Le bruit nous assourdit comme la lumière nous aveugle, par réflexe de défense de nos appareils de protection.

Dans la paracousie de Weber, l'action de la trépidation est la même, et l'expérience montre que ce n'est pas seulement l'audition aérienne qui en souffre — ces paracousiques entendent encore moins dans le

bruit, — mais c'est encore l'audition au contact, c'est-à-dire la paracousie elle-même. Les deux formes de paracousie peuvent d'ailleurs coexister. Mais revenons à notre signe.

Il suffit en effet, — c'est là l'épreuve que je recommande, — de placer le diapason sur un point du corps assez éloigné de l'oreille, pour que la trépidation soit absorbée avant d'atteindre celle-ci, et l'on constate que dans beaucoup de cas, malgré la distance, la paracousie est alors plus manifeste. Le signe de Weber, c'est-à-dire la latéralisation paracousique du son dans l'oreille atteinte, on le trouvera souvent mieux en appliquant le diapason sur les deux genoux successivement qu'en le posant sur le vertex [1].

Beaucoup de paracousiques présentent ce remarquable paradoxe que j'ai déjà signalé [2], à savoir qu'ils entendent, par l'oreille malade, d'autant mieux le diapason, que celui-ci est appliqué sur un point du corps plus éloigné de l'oreille, mais le plus souvent sur le même côté du corps. Sans doute, si on applique le pied du diapason sur une saillie osseuse, et surtout sur celle d'un grand os, la résistance offrira au son du diapason une pénétration plus grande; mais il suffira souvent de l'appliquer sur la rotule, les métacarpiens ou les métatarsiens, les crêtes tibiales, les saillies radiale ou cubitale, pour obtenir, soit la latéralisation paracousique avec la plus grande netteté, soit même la paracousie des deux oreilles. Bien

1. P. Bonnier. — « Un procédé d'acoumétrie ». Soc. d'otologie de Paris, 1899, mars-avril.

2. P. Bonnier. — « Sur un caractère paradoxal de la paracousie », Soc. de biologie, 1898, 15 octobre.

plus l'oreille paracousique acquiert dans nombre de cas une telle acuité microphonique que l'on pourra ne se servir que de la conduction par la peau, conduction d'ailleurs excellente, comme le prouvent l'auscultation et la phonendoscopie de Bianchi, et se contenter d'appliquer le diapason sur les parties molles, en les effleurant à peine, comme sur le mollet, la fesse, la paroi abdominale, le sein même, ou encore la pointe de la langue, pour éveiller la perception sonore dans l'oreille paracousique, au point de permettre au sujet de répéter et de noter le son perçu [1].

Cette manière de rechercher la paracousie par application lointaine du diapason, c'est-à-dire en supprimant l'action contrariante de la trépidation et la frénation tympanique, est par cela même souvent plus sensible que les procédés de recherche par application de la source sonore sur le crâne. J'ai d'ailleurs proposé, pour chaque sourd examiné, que l'on relevât sa *pointure acoumétrique* [2] c'est-à-dire la valeur de son audition aérienne, de son audition paracousique à la mastoïde, ou paracousie prochaine, et celle de sa paracousie au genou, ou paracousie lointaine, avec le procédé acoumétrique et le diapason étalon que j'ai préconisés.

Ce signe de la paracousie lointaine manque rarement dans les affections chroniques de l'appareil de

1. P. Bonnier. — « Sur diverses formes de paracousie », Soc. de biologie, 1898, 30 juillet.

1. P. Bonnier. — « Pointure acoumétrique ». Congrès de Londres, 1899, août ; Soc. d'otologie de Paris ; et « Un procédé simple d'acoumétrie », Soc. de biologie, 1899, 18 mars.

transmission de l'oreille ; en revanche, il fait parfois défaut dans les otites moyennes aiguës, sans doute par le mécanisme auquel je fais allusion plus haut. Mais quand un symptôme ne se montre pas alors qu'il y en a beaucoup d'autres très apparents, il ne présente aucun intérêt au point de vue du diagnostic anticipé.

J'insisterai donc sur les deux caractères fondamentaux de ce signe :

1° Ce signe appartient à la pathologie auriculaire, car il est de règle dans l'immense majorité ;

2° Il n'existe pas en dehors des affections auriculaires, et s'il apparaît avant tout autre symptôme, l'expérience m'a personnellement toujours montré que l'avenir réalisait tôt ou tard la menace qu'il apportait avec lui.

C'est donc un signe spécifique toujours, et souvent un signe précurseur. Il n'implique pas par lui-même le diagnostic de surdité, car il peut apparaître avant elle ; il signifie *lésion auriculaire entraînant le pronostic de surdité progressive.*

Deux observations : Ce signe, comme beaucoup d'autres, n'a de signification que quand il est positif. S'il existe, il y a menace de surdité ; s'il n'existe pas on ne peut rien affirmer, car lui aussi peut ne pas apparaître au cours d'une affection auriculaire ; mais il est le plus constant des symptômes, avec la surdité elle-même. Tant qu'il existe, la menace existe, mais s'il disparaît, la menace est sans doute suspendue et c'est pour cela que le pronostic de surdité n'est pas absolument fatal, bien que la menace persiste par le fait que ce signe a pu se montrer une fois et que l'oreille restera toujours suspecte.

C'est à ce titre que l'épreuve paracousique, telle que je viens de la définir, c'est-à-dire la recherche de la paracousie par l'application du diapason sur des points du corps éloignés de l'oreille, épreuve simple et sans équivoque, nous permet de reconnaître les germes d'une surdité qui peut ne devenir sensible que beaucoup plus tard, et trop tard. Nous pourrons traiter cette surdité par les moyens appropriés, avant que l'évolution de la lésion elle-même ou la croissance de l'individu aient définitivement fixé le symptôme de la lésion.

APPENDICE

Je rapporte ici intégralement la discussion que nous eûmes, M. Egger et moi, à la Société de biologie, à propos de l'orientation auditive; je préfère exposer complètement les termes dans lesquels s'était posée la question, la discussion clinique et physiologique étant trop étendue et trop complexe pour être résumée.

DE L'ORIENTATION AUDITIVE. UN CAS DE DESTRUCTION UNILATÉRALE DE L'APPAREIL VESTIBULAIRE AVEC CONSERVATION DE L'APPAREIL COCHLÉAIRE

Par Max. Egger, de Soleure (Suisse).
(9 juillet 1898.)

L'hypothèse que les canaux semi-circulaires, disposés suivant les trois dimensions de l'espace, peuvent servir à distinguer la direction du son, a été émise par plusieurs auteurs, entre autres Autenrieth, Preyer, Tomassiewiz, Arnheim, Schaffer, Lussana, Munsterberg, etc. Mais une preuve expérimentale suffisante n'a jamais été donnée. Breuer, qui accorde au système semi-circulaire une seule fonction, celle de la per-

ception des mouvements translatoires angulaires, objecte à l'hypothèse de Preyer que les mouvements angulaires devraient alors produire des sensations sonores. Cette objection ne nous paraît pas fondée.

L'effet d'une pression et dépression discontinue ne peut pas être comparé à l'effet que produit une ondulation rythmique. Toute différenciation sensitive et sensorielle est basée sur le nombre et la forme des vibrations, et c'est un phénomène connu qu'un appareil nerveux peut transmettre deux qualités sensitives différentes.

Nous avons la bonne fortune de pouvoir communiquer un cas qui, par la dissociation exceptionnellement rare de ses lésions et le concours d'un ensemble de dispositions des mieux réalisées, peut apporter quelque lumière dans cette question si controversée.

Il s'agit d'une malade dont la partie inférieure du bulbe est le siège d'une tumeur ayant détruit des deux côtés les grosses racines descendantes spinales de la Ve paire[1]. Nous avons pu suivre, depuis plus d'une année, l'évolution progressive de l'anesthésie. Actuellement, elle forme un casque, couvrant entièrement la tête et descendant des deux côtés jusqu'à une ligne horizontale qui passe par le rebord de la lèvre supérieure. Les deux pavillons des oreilles sont complètement insensibles, de même que les deux conduits auditifs. L'attouchement du tympan est plus douloureux du côté gauche que du côté droit.

1. Voir pour la symptomatologie complète : Contribution à l'étude des paralysies du trijumeau chez l'homme, par Long et Egger, *Archives de physiologie*, 1897, Obs. II.

Le néoplasme bulbaire a envahi partiellement la sphère de la VIIIe paire gauche. Le neuron central du nerf vestibulaire est complètement détruit, tandis que le neuron acoustique du même côté est très peu endommagé. L'examen de la VIIIe paire a fourni la symptomatologie suivante :

Fonctionnement acoustique : le diapason vertex est latéralisé à gauche. Le Rinne est positif à droite, négatif à gauche. L'épreuve de Schwabach donne une durée de transmission osseuse de beaucoup plus longue pour le mastoïde droit que pour le gauche. Ut 1 donne à droite 17 secondes de durée, et 5 seulement à gauche. Le langage à voix basse n'est pas compris quoique entendu. La voix moyenne et la voix élevée sont bien comprises. L'oreille droite entend la voix chuchotée à une distance de 5 mètres, la voix forte à une distance de 15 mètres. L'oreille gauche entend la voix chuchotée à 0m,60, la voix forte à 3 mètres. Les consonnes R et S ne sont pas entendues. Râtelier est compris pour atelier, sage pour âge. En résumé, une série de symptômes concordent à affirmer une lésion de l'appareil acoustique interne du côté gauche, lésion qui ne se manifeste extérieurement que par une diminution du champ auriculaire gauche. A une distance de moins de 3 mètres, la malade entend et comprend aussi bien le langage par l'oreille gauche que par la droite. La surdité pour les sons bas dénonce une lacune dans la gamme.

Fonctionnement vestbulaire : toutes les fonctions commandées par l'appareil semi-circulaire gauche, sont complètement abolies. La malade, mise sur l'appareil centrifugeur, ne perçoit aucune des rota-

tions se produisant vers le côté gauche, tandis qu'elle différencie bien les translations rotatoires qu'incite le labyrinthe droit.

Les yeux bandés, la malade parcourt un cercle de 3 mètres de rayon et se meut continuellement en manège pour toute tentative de progression en ligne droite. Les mouvements compensateurs des yeux, régis par le labyrinthe gauche, sont totalement abolis. Le côté gauche présente une diminution de la force musculaire.

En face d'une dissociation fonctionnelle si heureuse conservant à la VIIIe paire gauche une perception acoustique plus que suffisante et présentant, de l'autre, une abolition fonctionnelle totale de la branche vestibulaire, il était d'un haut intérêt d'étudier l'orientation auditive.

Nous plaçons la malade, les yeux bandés, sur l'appareil centrifugeur. La face regarde la périphérie du disque. Les oreilles sont bouchées chacune à son tour par de la poudre de talc, remplaçant l'air du conduit externe et maintenu par un bourdonnet de coton glycériné. Comme instrument sonore nous nous servions d'un sifflet ordinaire, du sifflet de Galton et de la voix. L'expérimentateur fait face à la malade et se trouve à une distance de 1 mètre d'elle. En imprimant à l'appareil des rotations vers la gauche, il fait passer la malade à son insu par les 4 points cardinaux, sans que lui-même, autrement dit sans que la source sonore soit obligée de se déplacer. Une longue série d'expériences nous ont montré d'une manière constante que l'oreille gauche n'était capable de distinguer aucune direction du son.

Toutes les directions d'incidence sonore étaient interprétées comme venant par devant. L'oreille droite, par contre, distinguait parfaitement bien les 6 divisions cardinales et il n'y avait confusion que pour les incidences suivant le plan médian ; la plupart du temps, un rayon sonore venant par derrière était interprété comme venant par devant. L'inverse ne s'est jamais produit.

En résumé, l'étude de notre cas impose les conclusions suivantes :

1° L'appareil semi-circulaire joue un rôle capital dans l'orientation auditive. La destruction unilatérale de ses neurones centraux a privé cette oreille de la faculté de s'orienter, malgré l'existence d'un tympan sensible et d'un pavillon anesthésique.

2° Contrairement aux opinions des psychologues[1] qui envisagent l'orientation auditive comme un mécanisme complexe dont la condition préalable serait une orientation subjective, autrement dit la connaissance de la position occupée par notre corps dans l'espace, nous voyons que la perception de la direction du son se fait sans la notion de position, car malgré l'absence de toute perception translatoire ayant lieu vers le côté gauche, l'oreille droite rapporte parfaitement bien les sons à leur source.

L'étude de notre cas nous a montré une seconde fonction de l'appareil semi-circulaire, à savoir l'orientation auditive ; il reste à expliquer le mécanisme.

(*Travail fait dans le service du D*r *Dejerine, professeur agrégé à la Salpêtrière.*)

1. Bonnier. « L'Oreille », t. III, p. 72.

ORIENTATION OBJECTIVE ET ORIENTATION SUBJECTIVE

par le M. Dr Pierre Bonnier.

(23 juillet 1898.)

L'orientation objective est cette opération sensorielle par laquelle nous extériorisons et localisons les choses de notre milieu par rapport à nous, et par suite les unes par rapport aux autres. Chaque appareil sensoriel a son procédé propre d'orientation. Le renversement de cette opération nous permet de nous localiser nous-même dans notre milieu ; c'est ce que j'ai appelé l'orientation subjective indirecte.

L'orientation subjective proprement dite résulte des opérations du sens des attitudes : la distribution de notre corps dans l'espace étant définie par la tactilité profonde et superficielle de tous les segments du corps (sens des attitudes segmentaires), l'orientation totale de la tête et du corps résultant des opérations du sens ampullaire de l'oreille interne.

J'ai prétendu et je maintiens encore que l'orientation objective ne se fait pas sans l'aide de la subjective, et comporte nécessairement : 1° l'orientation de l'objet considéré dans l'intérieur de chaque champ sensoriel ; 2° l'orientation du champ sensoriel lui-même par rapport à nous, cette dernière opération relevant du sens des attitudes. Prenons trois exemples simples. Je touche un objet du doigt ; cet objet n'est pas objectivement localisé parce que je sens le contact au niveau de cette partie du champ tactile qui est la pulpe de mon index droit, par exemple ; il ne le sera que quand le sens des attitudes m'apprendra où se

trouve cette partie du champ tactile par rapport à moi, c'est-à-dire l'attitude de mon doigt, du bras, etc. J'entends un son, qui, par l'incidence de l'ébranlement, intéresse telle partie de mon champ auditif gauche ; je ne localise objectivement ce son dans l'espace que par la conscience de l'attitude de mon oreille gauche, c'est-à-dire de ma tête elle-même ; car la moindre variation d'attitude de la tête fera varier l'incidence de l'ébranlement et y exposera d'autres points du champ auditif. Pour la vue, l'orientation objective comprendra de même l'orientation dans le champ sensoriel, c'est-à-dire la localisation rétinienne de l'image, l'orientation du globe dans l'orbite et la notion de l'attitude de la tête.

C'est cette théorie que combat M. Max Egger qui, le 9 juillet, a communiqué à la Société de Biologie une note ayant pour titre : « *De l'orientation auditive. Un cas de destruction unilatérale de l'appareil vestibulaire avec conservation de l'appareil cochléaire*, et terminée par les conclusions suivantes :

1° L'appareil semi-circulaire joue un rôle capital dans l'orientation auditive. La destruction unilatérale de ses neurones centraux a privé cette oreille de la faculté de s'orienter, malgré l'existence d'un tympan sensible et d'un pavillon anesthésique.

« 2° Contrairement aux opinions des psychologues qui envisagent l'orientation auditive comme un mécanisme complexe dont la condition préalable serait une orientation subjective, autrement dit la connaissance de la position occupée par notre corps dans l'espace, nous voyons que la perception de la direction du son se fait sans la notion de position, car

malgré l'absence de toute perception translatoire ayant lieu vers le côté gauche, l'oreille droite rapporte parfaitement bien les sons à leur source.

« L'étude de notre cas nous a montré une seconde fonction de l'appareil semi-circulaire, à savoir l'orientation auditive ; il reste à expliquer le mécanisme. »

La très flatteuse épithète de psychologue m'enhardit à engager M. Egger à se méfier du bonheur, toujours effrayant pour un savant, qui vient de lui faire rencontrer, coup sur coup, trois cas cliniques assez particulièrement et favorablement définis pour que chacun d'eux portât en lui-même la solution d'un des nombreux problèmes de la physiologie auriculaire. Il est, pour les chercheurs comme pour les joueurs, des séries heureuses qui constituent en réalité le plus dangereux entraînement. Il ne faut pas plus tenter la critique que la fortune ; c'est s'exposer à se voir reservir — tel l'anneau de Polycrates — ses propres arguments sous forme de réfutation.

J'en parle d'autant plus à l'aise que j'étais moi-même encore, il y a quatorze ans[1], partisan de l'hypothèse, déjà ancienne alors, que reprend aujourd'hui M. Egger ; j'avais même, sur l'examen de nombreux faits cliniques, pris un peu partout, et par l'étude des conditions anatomiques du fonctionnement auriculaire, édifié toute une théorie du mécanisme de l'orientation auditive, théorie dont je n'ai abandonné depuis que précisément l'hypothèse de l'intervention de l'appareil semi-circulaire.

1. L'orientation auditive. *Bulletin scientifique* de Giard, 1884

La dernière observation de M. EGGER ne m'a, pas plus que les précédentes, convaincu de la légitimité de ses conclusions, et je veux les combattre sur les termes mêmes de leur exposé et sur les détails du tableau qu'il nous a tracé lui-même de son malade. Il me semble que la réfutation qu'il apporte à ma théorie repose : 1° sur une erreur *clinique*, car l'exposé symptomatologique qu'il nous donne ne permet nullement de poser le diagnostic qu'il avance ; 2° sur une erreur *physiologique*, car sa théorie du fonctionnement ampullaire et de ses attributions renferme non seulement des invraisemblances, mais des impossibilités matérielles ; 3° sur une erreur *critique*, c'est-à-dire sur une imparfaite compréhension de ma théorie qu'il réfute.

Une série de symptômes, dit M. EGGER, concordent à affirmer, chez sa malade, une lésion de l'appareil acoustique interne du côté gauche. Quels sont ces symptômes, relevés d'abord par l'examen de l'audition ?

a) L'oreille gauche entend moins que la droite le diapason, la voix forte ou chuchotée ; certaines consonnes ne sont pas perçues ; — ceci ne prouve pas que la lésion soit plutôt sur l'appareil de perception, ou sur les conducteurs, ou sur les centres que sur l'appareil de transmission.

b) A une distance de 3 mètres, l'oreille gauche entend et comprend aussi bien que la droite. — Or, c'est le propre des lésions qui gênent la liberté d'inertie de l'appareil de transmission de rester sans effet sur l'audition quand la sollicitation vibratoire devient assez forte pour triompher de cette gêne ;

l'ébranlement est alors transmis librement et intégralement, et si dès ce moment l'audition du côté lésé se trouve pareille à celle du côté sain, c'est apparemment que l'appareil percepteur est aussi bon de ce côté que de l'autre. Ceci est donc en faveur d'un trouble de la transmission.

c) Le diapason placé sur le vertex est latéralisé du côté malade ; — cette épreuve, sauf dans le cas d'irritation labyrinthique, dont il n'est pas donné de symptômes, indique très généralement une lésion de l'appareil de transmission.

d) L'épreuve de Rinne, positive à droite, est négative à gauche, c'est-à-dire que la transmission cranio-tympanique est, du côté malade, meilleure que la transmission aéro-tympanique, ce qui plaide en faveur d'un trouble de la transmission et contre l'hypothèse d'une lésion de l'appareil profond.

e) L'épreuve de Schwabach montre que cette transmission cranio-tympanique est beaucoup moins bonne du côté lésé que du côté sain, ceci encore n'est pas pour prouver une lésion de l'appareil percepteur.

Enfin l'épreuve de Gellé, qui, dans des cas bien définis, a plus de valeur à elle seule que toutes les autres épreuves de l'ouïe, n'a pas été pratiquée sur cette malade.

L'examen de l'audition indique donc nettement une lésion de l'appareil de transmission et plus exactement de l'oreille moyenne, nullement une lésion centrale. Il n'en fallait guère plus pour prévoir que l'orientation auditive serait altérée de ce côté ou même abolie ; car dans toutes les affections périphériques, auriculaires, tympaniques, de l'appareil audi-

tif, la faculté d'orientation auditive est atteinte au moins aussi vite et aussi fortement que l'audition elle-même. Et cela s'explique si l'on observe que l'audition elle-même ne demande à l'appareil de transmission que sa liberté d'oscillation de dehors en dedans, tandis que l'orientation exploite la faculté que présente l'appareil articulé, membraneux, suspendu de l'oreille moyenne, de fléchir et d'osciller latéralement, avec des déviations correspondant à toutes les incidences de l'ébranlement sonore. Or, on conçoit que les oscillations latérales de la chaîne de transmission soient plus facilement empêchées que l'oscillation longitudinale de dehors en dedans. C'est, d'ailleurs, la constance presque absolue de ce fait clinique qui m'a poussé à donner, dans le mécanisme de l'orientation auditive, la plus grande importance aux qualités de flexibilité de l'appareil de transmission. En clinique, cette perte de la faculté d'orienter objectivement l'origine des sources sonores, est en fait un symptôme qui s'ajoute aux précédents pour confirmer l'hypothèse d'une lésion de l'oreille moyenne.

Pour l'examen du fonctionnement vestibulaire, M. Egger nous dit que, sur l'appareil centrifugeur, la malade ne perçoit aucune des rotations se produisant vers le côté gauche, tandis qu'elle différencie bien les translations rotatives qu'incite le labyrinthe droit. De plus, les mouvements compensateurs des yeux, régis par le labyrinthe gauche, sont totalement abolis.

M. Egger admet que la tumeur bulbaire chez sa malade a détruit des deux côtés les grosses racines spinales de la V[e] paire, et que le neurone central du nerf vestibulaire est également détruit du côté gauche.

Il s'agit donc des fibres du nerf vestibulaire qui croisent dans le bulbe la grosse racine du trijumeau, et il est surprenant dès lors que le tronc vestibulaire soit totalement détruit à gauche, c'est-à-dire du côté où le trijumeau est précisément moins touché, puisqu'il subsiste de la sensibilité tympanique plus grande de ce côté, alors que le tronc vestibulaire droit est intact, du côté où le trijumeau est le plus altéré. On se représente mal la forme probable d'une telle tumeur bulbaire.

Mais c'est d'ailleurs uniquement sur une donnée physiologique que M. Egger fonde son hypothèse de la destruction du tronc vestibulaire gauche.

Il s'appuie, il est vrai, sur l'observation d'un malade qui a fait le sujet d'une communication antérieure [1] et chez qui il y avait surdité bilatérale, disparition de la perception des déplacements angulaires [2] et des mouvements compensateurs des yeux dans tous les sens. Même en acceptant sans discussion l'hypothèse de l'auteur, il est impossible de trouver, dans ce cas unique, aucun signe de nature à indiquer la part *respective* des deux labyrinthes dans la perception des déplacements angulaires et dans la distribution des mouvements compensateurs des yeux. C'est donc uniquement sur l'observation présente et sur une hypothèse physiologique que la question doit être placée.

Le malade de M. Egger est le seul à ma connais-

1. Sur l'ophtalmoplégie labyrinthique dans le tabes à localisation bulbaire. *Société de biol.*, 28 mai 1898.

2. Dissociations fonctionnelles dans deux cas d'affection du labyrinthe. *Société de biol.*, 25 juin 1898.

sance, et j'ai souvent recherché ce cas à l'occasion du vertige labyrinthique, qui présenterait la perte de la perception des déplacements vers l'un des deux côtés.

Pour M. Egger, l'appareil semi-circulaire d'un côté, le gauche par exemple, ne percevrait que les mouvements effectués vers la gauche. Il y a à cette hypothèse quelques objections.

a) Le dispositif des trois canaux semi-circulaires nous montre bien un canal horizontal dirigé vers la gauche, un canal transversal également dirigé vers la gauche, mais aussi un canal sagittal qui n'est pas dirigé vers la gauche. En réalité, chaque canal écarte sa convexité du saccule et du centre de rotation des mouvements de la tête ; les gauches s'écartent vers la gauche, les droits vers la droite, les horizontaux en dehors, les verticaux en haut, ce qui est véritablement leur seul moyen de s'écarter de ce centre de rotation. La disposition des canaux est donc régie par la nécessité de s'adapter à la perception des variations d'attitude de la tête et non par celle de percevoir les incidences extérieures des ébranlements sonores. C'est un appareil centrifugeur.

b) « Une rotation dans un plan horizontal à gauche, par exemple, dit M. Egger (p. 597), n'affecte que le canal horizontal gauche, dans l'intérieur duquel le liquide, grâce à la loi de l'inertie de la matière, se concentre vers l'ampoule et y produit une excitation qui renseigne le centre sur la direction de la translation. »

On comprend mal cette « concentration » du liquide, s'effectuant au niveau de chaque ampoule, à l'endroit où le canal se dilate et où sa paroi se laisse

le plus aisément distendre, c'est-à-dire au point où le récipient s'élargit le plus sensiblement. On la voit difficilement aussi, cette concentration, précisément au point où le canal s'ouvre dans la grande cavité utriculaire. Toutes les conditions anatomiques s'offriraient bien plus à l'expansion qu'à la concentration ; il s'agit, heureusement, d'un liquide aussi inextensible qu'incompressible. D'ailleurs, l'examen de l'ampoule de la crête nerveuse et de son énorme chevelu ciliaire montre que cet appareil n'est pas destiné à la perception des variations de pression, mais à celle des moindres oscillations statiques du liquide.

c) N'est-il pas un peu pénible, physiologiquement parlant, d'admettre que la papille ampullaire pourra percevoir les *augmentations* de pression, les « concentrations », et rester insensible aux *diminutions* de pression ? Ce serait d'une singulière tactilité. Il faut bien cependant que M. Egger accepte cette hypothèse : car il est évident que si la pression augmente dans l'ampoule transversale gauche quand j'incline la tête à gauche, par exemple, cette pression diminue quand j'incline la tête à droite. La papille percevrait donc seulement la pression croissante et non la décroissante ? Car si elle perçoit les deux, la papille du côté droit les perçoit également et alors en même temps que mon oreille gauche, par la pression croissante, sent que j'incline la tête à gauche, mon oreille droite fait la même remarque par la pression décroissante. Mais aussi je connais donc mon inclinaison vers la gauche par l'analyse simultanée des deux appareils auriculaires ; chaque ampoule transversale, la droite comme la gauche, m'apprend, par un mécanisme diffé-

rant respectivement de chaque côté, que j'ai incliné la tête de ce côté gauche, et je ne comprends plus comment la perte de l'oreille gauche, chez le malade de M. Egger, empêche la droite de continuer ses petites opérations. L'augmentation de pression dans l'ampoule gauche qui ne perçoit plus, n'empêche pas la diminution de pression dans l'ampoule qui travaille encore.

d) Une variation d'attitude de la tête, quelle qu'elle soit, ne produira pas exactement les mêmes phénomènes dans les deux appareils semi-circulaires et produira même le plus souvent, pour les mouvements d'inclinaison latérale, des phénomènes inverses, mais le mouvement de la tête ne pourra jamais intéresser une oreille sans intéresser l'autre ; il y a une solidarité physiologique qui résulte de la solidité crânienne, et qui fait que chaque labyrinthe perçoit pour son compte et à sa façon toutes les variations d'attitude de la tête. On conçoit un champ auditif gauche et un droit, même superposés en grande partie, parce qu'il s'agit d'opérations objectives, mais il est impossible de concevoir que les opérations toutes subjectives du sens ampullaire nous fournissent les images d'une demi-attitude gauche et d'une demi-attitude droite, surtout pour un bloc aussi indivisible que la tête ; de même on ne se figure pas la moitié gauche et la moitié droite d'un mouvement, ni un demi-équilibre droit ou gauche ; et il serait aisé de faire à ce point de vue la critique de l'hypothèse de M. Egger dissociant l'appareil de la perception de l'équilibre de celui de la perception des attitudes, ce que je ne chercherai pas à entreprendre.

La clinique, que j'ai fréquemment et systématiquement interrogée et sollicitée à ce sujet, ne m'a jamais offert le moindre cas d'un sujet ne conservant pas l'intégrité de ses notions d'attitude céphalique tant qu'un labyrinthe pouvait suppléer à l'insuffisance de l'autre. J'ai également rassemblé un grand nombre de troubles des mouvements oculaires sous l'influence de lésions labyrinthiques et j'en ai ici même exposé le mécanisme probable ; les mouvements compensateurs dont parle M. Egger, et qui sont nystagmiques, relèvent forcément des deux labyrinthes, car si le gauche régit les mouvements des deux yeux, il en est certainement de même du droit. Or, si ces mouvements dépendent de la perception des mouvements de la tête, ce qui est d'ailleurs une notion physiologique établie depuis longtemps et que j'ai moi-même développée en opposition avec la théorie de M. Delage, ils ne doivent pas disparaître par le fait de l'abstention d'un seul des deux appareils qui perçoivent ces mouvements, l'autre y suppléant.

Si, ce que je considère comme exact, étant donnée la description de M. Egger, son malade présentait la perte de la notion des mouvements vers la gauche, et la perte de certains mouvements compensateurs que M. Egger ne nous décrit pas, je suis tout porté à croire que l'appareil semi-circulaire n'y est absolument pour rien et qu'il s'agit en réalité d'un phénomène beaucoup plus central que ne le supposait M. Egger.

L'objection de M. Egger à ma théorie de l'orientation ne l'atteint donc pas, car jamais je n'ai supposé que le fonctionnement ou la paralysie du labyrinthe

d'un côté pût avoir la moindre action sur l'orientation objective effectuée par le labyrinthe opposé.

ORIENTATION AUDITIVE

par M. Egger, de Soleure (Suisse).
(30 juillet 1898.)

Dans la communication du 23 juillet, intitulée « Orientation objective et orientation subjective », M. Bonnier attaque le cas, communiqué par nous le 9 juillet, et qui, par les dissociations exceptionnellement rares des lésions, permettait de formuler deux conclusions touchant la question si controversée de l'orientation auditive. Dialecticien habile, M. Bonnier déplace, par ses opérations mentales, la tumeur et pousse le « phénomène plus centralement » à un endroit où il n'incommode ni la sphère des neurones-bulbaires de la VIIe paire, ni les théories, d'ailleurs ingénieuses, de M. Bonnier. Le procédé que choisit l'auteur pour son argumentation rappelle tout à fait cette école scolastique qui avait pour devise : *Nominalia sunt realia ante rem* : les notions sont primordiales et existent avant les objets. On crée des hypothèses pour les imposer à la nature. Voyons les faits. Vos quatre épreuves consultées, deux parlent en faveur d'une lésion de l'appareil de transmission et deux pour une lésion de l'appareil nerveux. L'épreuve qualitative de Wolff nous montrait que la perception de la consonne R linguale ne se faisait pas. Ce signe est regardé par les otologistes comme caractéristique d'une lésion du labyrinthe. L'épreuve de

SCHWABACH accusait pour le mastoïde gauche une durée de perception osseuse de cinq secondes seulement, tandis qu'elle atteignait sur le mastoïde droit une durée de 17 secondes, ce qui prouve d'après l'auteur de ce signe une lésion de l'appareil nerveux et non pas une lésion de l'oreille moyenne, comme M. BONNIER veut nous le faire croire. Quant à la valeur sémiotique du diapason vertex, je rappelle à M. BONNIER que BURKARDT-MÉRIAN, HARTMANN, JACOBSON et d'autres relatent de nombreuses observations d'affection de l'oreille interne où le diapason vertex était latéralisé du côté de l'oreille malade, comme cela se présente pour notre cas. Et pour montrer combien sont incertaines toutes ces épreuves, fait que M. BONNIER avoue ailleurs facilement, je cite d'après POLITZER (*Lehrbuch der Ohrenheilkunde*). page 125,8, lorsqu'il parle de l'épreuve de RINNE : « L'observation clinique montre cependant que l'épreuve de RINNE peut être positive dans les affections de l'oreille moyenne comme elle peut être négative dans les affections de l'oreille interne. »

Tout ceci montre le peu de foi qu'on peut accorder à tous ces signes, et si nous n'avions pas d'autres preuves à notre disposition, nous ne nous serions pas hasardé à poser le diagnostic de lésion de la VIIIe paire. M. le Dr NATTIER, qui a examiné à plusieurs reprises les oreilles de cette malade, nous a toujours affirmé que le tympan n'était ni scléreux, ni enfoncé, et la douche d'air n'améliora en aucune façon l'audition. Mais il ne suffit pas de nous démontrer l'existence d'une prétendue otite moyenne, car cela ne porterait atteinte qu'à notre première conclusion.

M. Bonnier prévoit la nécessité de nier toute affection de la VIIIe paire gauche, pour tâcher de sauver son hypothèse de l'orientation auditive. En prononçant le verdict sur notre diagnostic acoustique, il dit textuellement : « L'examen de l'audition n'indique donc *nullement une lésion centrale.* » Et vers la fin de son article il dit : « Je suis porté à croire que l'appareil semi-circulaire n'y est absolument pour rien et qu'il s'agit en réalité d'un phénomène *beaucoup plus central* que ne le supposait M. Egger. » Donc une fois la lésion n'est nullement centrale, une autre fois elle est beaucoup plus centrale. M. Bonnier n'a pas lu la symptomatologie complète de notre cas, dont nous avons fait un exposé détaillé dans les *Archives de Physiologie*, travail auquel nous avons renvoyé le lecteur déjà à l'occasion de notre première communication. En parcourant cet article il aurait pu se convaincre qu'il existe des lésions, soit bilatérales, soit unilatérales, des V, IX, X et XIes paires crâniennes. Il y aurait aussi trouvé les raisons qui forcent à localiser la tumeur dans le bulbe au niveau des noyaux d'origine de ces nerfs, et il aurait acquis la conviction déjà par des raisons anatomiques, qu'il n'est pas seulement absurde, mais impossible, de supposer que le vaste neurone de la VIIIe paire, contigu à tous ces nerfs, puisse échapper à la lésion commune. L'anatomie de cette région nous montre, en effet, que la branche vestibulaire, contiguë à la grosse racine descendante du trijumeau, le glossopharyngien, le pneumogastrique et le spinal, tous très voisins, se trouvent séparés de la branche cochléaire par l'interposition du volumineux corps restiforme, et qu'une destruction

dissociée des deux branches de l'acoustique n'est réalisable qu'à ce seul et unique endroit. Et qu'elle se soit réalisée, nous en avons donné les preuves et nous les répétons et les complétons :

La malade, en marchant, ressent des poussées continuelles vers la gauche, qui sont par moment assez fortes pour la renverser. Les yeux bandés, elle dévie, en progressant dès le point de départ de la direction en ligne droite vers la gauche et décrit par moment un véritable mouvement de manège. Le vertige galvanique ne s'obtient pas du côté de l'oreille gauche, il existe par contre d'une manière manifeste pour l'oreille droite. Mise sur l'appareil centrifugeur, la malade n'a aucune notion d'un mouvement ayant lieu vers la gauche. Les mouvements compensateurs des yeux sont partiellement abolis. La malade est très sensible aux rotations et en devient facilement vertigineuse. Voilà toute une série de symptômes qui ne peuvent relever que d'une destruction de la branche vestibulaire gauche. Cette malade reproduit tous les troubles que la physiologie expérimentale a obtenus par l'ablation unilatérale du labyrinthe chez le pigeon. Et la branche cochléaire, pour laquelle l'épreuve de Schwabach nous diagnostiquait une atteinte légère, cette branche se trouve aujourd'hui, quatre mois après nos expériences, totalement détruite. Car la malade n'entend plus actuellement aucun diapason, ni par voie aérienne, ni par transmission osseuse. Serait-ce l'effet d'une otite moyenne ? M. Bonnier critique nos termes de pression et de dépression, et s'évertue longuement à nous prouver que cela n'existe pas et qu'il s'agit en réalité d'oscillations statiques. Nous espérons

que M. Bonnier nous accordera facilement que des oscillations statiques produisent des variations de pressions et que des variations de pression consistent en pression et dépressions.

Nous avons plus que suffisamment prouvé que des diverses objections soulevées par M. Bonnier aucune ne porte atteinte à notre diagnostic. Par contre, il appert en toute évidence que sa théorie sur l'orientation auditive s'écroule devant les résultats de notre enquête expérimentale.

(*Travail du service du Dr Dejerine, professeur agrégé à la Salpêtrière.*)

A PROPOS DE L'ORIENTATION AUDITIVE,

par M. le Dr Pierre Bonnier

(Communication faite dans la séance précédente.)

8 octobre 1898.

En lisant dans le Bulletin du 5 août la rédaction de la note de M. Egger, sur l'*orientation auditive*, je trouve certains points qui m'avaient sans doute échappé lors de la communication orale, et je dois revenir une dernière fois sur cette discussion, non pour relever les désobligeantes ripostes par lesquelles furent accueillies mes critiques, mais pour que cette question, d'un certain intérêt au point de vue physiologique et clinique, reste correctement posée.

Le *fait* que M. Egger oppose à ma théorie ne l'atteint pas ; je l'ai montré et je n'y reviens pas. Je ne l'ai discuté d'ailleurs que parce que le procédé d'investigation clinique employé par l'auteur m'a paru

manquer de cette exactitude indispensable aux méthodes biologiques, quand il s'agit d'étayer de la physiologie sur de la clinique.

M. Egger me prête aussi quelques absurdités que je dois rejeter. A le lire, on supposerait vraiment que ma théorie de l'orientation auditive repousse toute participation du système nerveux dans le mécanisme de cette fonction, « qu'elle est incommodée par ce qui peut se passer au niveau des neurones bulbaires, et que, pour tâcher de sauver mon hypothèse de l'orientation auditive, je prévois la nécessité de nier toute affection de la VIIIe paire gauche ». Je pense avoir le premier cherché à localiser les centres bulbaires de l'orientation auditive, et je n'ai été incommodé que par la difficulté réelle qu'il y avait à le faire avec certitude (*L'Oreille*, t. III). Il est en outre tout à fait indifférent à ma théorie que la lésion qui compromet l'orientation auditive soit auriculaire, labyrinthique, bulbaire ou cérébrale, puisque tous ces appareils y jouent leur rôle respectif. Je n'ai fait intervenir la présomption d'un trouble de l'oreille moyenne que parce que M. Egger nous en décrivait les symptômes.

C'est uniquement sur la symptomatologie fournie par M. Egger que j'ai discuté son diagnostic, sans avoir songé un moment à faire le diagnostic d'une maladie que je n'avais pas analysée moi-même ; et je me suis borné à soutenir qu'on ne pouvait démontrer l'existence d'une lésion centrale soit avec des symptômes communs aux troubles de l'appareil central et à ceux de l'appareil auriculaire, soit, à plus forte raison, avec des symptômes qui définissent avant tout les

lésions de l'appareil de transmission. Que M. Egger ait acquis, par l'examen de symptômes dans la sphère du trijumeau, du glossopharygien, du vague et du spinal, la conviction qu'il y avait une tumeur bulbaire, c'est un point que je n'ai pas mis en discussion ; mais s'il nous affirme « que ce néoplasme bulbaire a envahi partiellement la sphère de la VIIIe paire à gauche », en ne s'appuyant que sur les symptômes que j'ai discutés, je les trouve insuffisants à le démontrer.

J'ai montré que les signes tirés par M. Egger de l'examen de l'appareil *auditif* indiquaient plutôt une lésion de l'appareil de transmission ; je montre ensuite que ceux qu'il tire de l'examen de l'appareil *vestibulaire*, et particulièrement tel symptôme, d'ailleurs en désaccord avec sa propre théorie, pouvaient être dus à une *suggestion*, involontaire bien entendu, et par conséquent de nature beaucoup plus centrale qu'un simple phénomène bulbaire. Je m'en suis nettement expliqué au cours de la séance. Malgré cette explication, qui l'a fort scandalisé et n'a pu passer inaperçue de M. Egger, il me fait poser un diagnostic, à moi qui n'avais pas vu sa malade, et donne à ce diagnostic le caractère discordant que je venais de relever dans sa symptomatologie. Il soude sans explication mes deux interprétations successives et ajoute : « Donc une fois, d'après M. Bonnier, la lésion n'est nullement centrale, et une autre fois, elle est beaucoup plus centrale. » Et voilà comment, pour avoir fait la critique d'un diagnostic mal étayé, je me trouve l'auteur d'un diagnostic absurde.

A côté de ces contradictions que M. Egger m'attri-

bue alors que je n'ai fait que les signaler, j'en relève d'assez curieuses. Il trouve maintenant, après mes critiques, « incertains et dignes de peu de foi » les mêmes symptômes et les mêmes signes sur lesquels il s'appuyait précédemment pour « affirmer » la lésion centrale. « M. BONNIER, dit-il, avoue *ailleurs* facilement que ces épreuves sont incertaines. » Mais je l'avoue ici comme partout; j'ai écrit tout un petit volume de symptomatologie pour l'avouer plus copieusement : ces épreuves n'ont qu'une faible valeur individuelle, et leur signification peut énormément varier par le contexte symptomatologique; mais quand plusieurs indices respectivement peu décisifs concordent, il en résulte une orientation diagnostique. Toute la clinique en est là, d'ailleurs, et ici il se trouve que les signes et les épreuves fournis par l'examen des fonctions auriculaires indiquent plutôt un trouble de l'appareil de transmission qu'une lésion bulbaire. Si M. le Dr NATIER n'a trouvé le tympan ni scléreux ni enfoncé, si la douche d'air n'a pas amélioré l'audition, il est trop versé dans la pratique otologique pour en avoir formellement conclu à l'absence de toute lésion de l'appareil de transmission. De son précédent travail des *Archives de Physiologie*, que M. EGGER me reproche de n'avoir pas lu, je lui rappellerai, p. 912, cette phrase : « D'autre part, il existe une *légère altération des fonctions de l'oreille moyenne, probablement* consécutive aux troubles fonctionnels de l'oreille interne. » Voici donc tout de même un trouble fonctionnel de l'oreille moyenne, probablement, il est vrai, consécutif aux troubles fonctionnels de l'oreille interne, lesquels sont, d'après l'auteur, cer-

tainement consécutifs à la lésion bulbaire. Que voilà un joli diagnostic à faire, et qu'il eût été bon d'appuyer ce « probablement » sur des signes plus formels que la perception plus ou moins parfaite de l'R linguale.

Et je ne nie nullement la lésion bulbaire, que M. Egger le reconnaisse; je nie qu'on puisse l'affirmer sur de tels signes. Elle serait, demain, constatée à l'autopsie, que ma critique symptomatologique resterait entière. C'est qu'en réalité, le diagnostic des affections labyrinthiques périphériques ou centrales est loin d'être aussi simple que le suppose M. Egger. La tendance à tomber du côté de l'oreille malade, la déviation de la marche de ce même côté se rencontrent dans les troubles périphériques comme dans les centraux; le signe de Romberg est banal dans la simple compression cérumineuse; d'ailleurs, ces symptômes sont dus à l'*irritation* des noyaux labyrinthiques, irritation qui s'accorde assez mal avec l'hypothèse de leur *destruction totale*.

« Les mouvements compensateurs des yeux sont partiellement abolis. » D'après la théorie exposée par M. Egger dans sa note à la Société de Biologie sur l'*Ophtalmoplégie labyrinthique*, p. 597, il s'agit des mouvements réflexes de latéralité vers la droite, puisque le malade ne sent plus les déplacements vers la gauche. Dans l'article des *Archives*, p. 911 et 913, je trouve que l'examen de l'œil, pratiqué par le Dr Rochon-Duvignaud, montre « une paralysie incomplète de la VIe paire *droite*, avec une parésie conjuguée des mouvements de latéralité à *droite* et nystagmus dynamique ». Dans ses conclusions, p. 916,

M. EGGER n'hésite pas à l'attribuer à une lésion atteignant les *noyaux et les fibres radiculaires de la VIe paire droite* (paralysie conjuguée et nystagmus droit). Mais si les noyaux et les racines de l'oculomoteur sont lésés eux-mêmes, l'abolition des mouvements en question peut-elle être désormais regardée comme caractéristique d'une lésion des noyaux labyrinthiques du côté opposé? Est-ce que le défaut d'occlusion de la paupière chez un sujet atteint de paralysie faciale périphérique ou centrale peut servir à démontrer que la cornée est insensible?

Voyons la preuve anatomique, qu'il est « absurde » de ne pas admettre. « La *tumeur* bulbaire, d'après l'auteur, ne peut être localisée qu'au point où la branche vestibulaire... se trouve séparée de la branche cochléaire par l'interposition du volumineux corps restiforme, et une destruction dissociée des deux branches de l'acoustique n'est réalisable qu'en ce seul et unique endroit. » La difficulté du diagnostic des lésions labyrinthiques centrales est précisément dans le grand nombre de points où les lésions des appareils cochléaire et vestibulaire peuvent être cliniquement dissociées et même pendant longtemps isolées; mais cette dissociation est-elle si formelle dans le cas actuel, puisqu'il existe aussi des symptômes cochléaires déjà marqués, et que quatre mois après, dit M. EGGER, p. 856, « la branche cochléaire est totalement détruite » ; qu'est donc devenu, cliniquement parlant, le volumineux corps restiforme qui s'interposait si à propos?

Un dernier point. Je me suis « évertué longuement », et je vois que c'est sans succès, à démontrer

à M. Egger que l'appareil ampullaire était plus approprié à la perception des déplacements du contenu liquide, à ses oscillations, qu'à celle des variations de pression, sous cette forme que M. Egger appelle la « concentration » ; que, dans son hypothèse, il fallait admettre, ou bien que le même appareil ampullaire qui perçoit la pression croissante ne perçoit pas la décroissante, ou bien que l'appareil ampullaire droit n'a pas les mêmes propriétés de son côté que le gauche, ce qu'il m'est encore difficile d'accepter. M. Egger se contente de m'objecter que les oscillations statiques produisent des variations de pression, ce qui est vrai, mais ce qui ne permet pourtant pas de confondre la *circulation* et la *concentration* d'une masse liquide. Il termine « en espérant que M. Bonnier lui accordera facilement que des variations de pression consistent en pressions et en dépressions ». Je savais que nous finirions par nous entendre.

TABLE

CHARTRES. — IMPRIMERIE DURAND, RUE FULBERT.



